



Kohti kestäväää tulevaisuutta ja  
hiilineutraalisuutta:  
kemian yliopisto-opetuksen nykytila ja  
kehittäminen kasvihuonekaasupäästöjen  
vähentämisen osalta

Emmi Vuorio

Pro gradu -tutkielma  
Kemian opettajankoulutusyksikkö  
Kemian osasto  
Matemaattisluonnontieteellinen tiedekunta  
Helsingin yliopisto

02.06.2020

TIEDEKUNTA – FAKULTET – FACULTY		KOULUTUSOHJELMA – UTBILDNINGSPROGRAM – DEGREE PROGRAMME	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Matematiikan, fysiikan ja kemian aineenopettajan maisteriohjelma	
TEKIÄ – FÖRFATTARE – AUTHOR			
Emmi Vuorio			
TYÖN NIMI – ARBETETS TITEL – TITLE			
Kohti kestäväää tulevaisuutta ja hiilineutraalisuutta: kemian yliopisto-opetuksen nykytila ja kehittäminen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen osalta			
TYÖN LAJI – ARBETETS ART – LEVEL	AIKA – DATUM – MONTH AND YEAR	SIVUT – SIDOR – PAGES	
Pro gradu -tutkielma	2.6.2020	71 ja 34	
TIIVISTELMÄ – REFERAT – ABSTRACT			
<p>Hiilineutraalisuus on yksi kestävään tulevaisuuden keskeisimpiä tavoitteita. Tulevaisuuden kemianalan ammattilaiset ovat merkittävässä asemassa uusien teknologioiden käyttöönottamisessa ja ratkaisujen kehittämisessä, jotka johtavat kasvihuonekaasupäästöjen vähenemiseen. Yliopistokoulutuksen on vastattava haasteeseen kehittämällä tarvittavia taitoja, jotta he saavat parhaat mahdolliset työkalut tarvittavan muutoksen toteuttamiseen. Kestävä kehityksen avainkompetenssit luovat yhden varteenotettavan kehityksen työelämän edellyttämien taitojen määrittämiseen. Ne koostuvat tiedoista, taidoista ja kestävään tulevaisuuteen pyrkivästä asenteista. Tämän tutkimuksen tarkoitus on kartoittaa tämän hetken tilannetta avainkompetenssien eri osa-alueiden osalta Suomen kemianalan yliopisto-opetuksessa, sekä luoda näkemystä siitä, mihin suuntaan opetusta tulisi tulosten valossa kehittää. Tutkimuksen kohteina ovat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvät sisällöt, käytetyt opetusmenetelmät, yliopisto-opettajien suhtautuminen taitojen oppimisen edistämiseen opetuksessaan ja opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamiseen sekä heidän näkemyksensä siitä, miten kemianalan yliopisto-opetusta tulisi kehittää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen osalta.</p> <p>Aineisto kerättiin kyselytutkimuksella, joka koostui sekä suljetuista että avoimista kysymyksistä. Kysely lähetettiin Suomen 9:n kemianalan opinto-ohjelmia tarjoavan yliopiston opetushenkilökunnalle, joko opetuksesta vastaavien varadekaanien tai -johtajien välityksellä tai suoraan. Kyselyn saatetekstissä vastauksia pyydettiin vain kurssien vastuopettajilta. Vastauksia saatiin kaikista 9:stä yliopistosta yhteensä 43. Kemianalan yliopisto-opetuksen kehittämisen osalta peilattiin kyselyyn vastanneiden näkemyksiä alan kirjallisuuteen. Tutkimusmetodi on monimenetelmällinen tapaustutkimus. Avointen kysymysten vastaukset analysoitiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin menetelmällä ja suljetut kysymykset on esitetty kuvailevan tilastollisen analyysin keinoin.</p> <p>Kokonaisuudessaan kasvihuonekaasupäästöihin liittyvää osaamista tuetaan Suomen kemianalan koulutusohjelmissa melko hyvin. Tutkimuksessa havaittiin, että kiertotaloutta ja biotaloutta opetetaan huomattavasti enemmän kuin vetytalouteen liittyviä sisältöjä. Kemianalan opetushenkilökunnan edustajat käyttävät ja pyrkivät käyttämään monipuolisia opetusmenetelmiä mahdollisuuksien mukaan. Taitojen oppimista pidetään tärkeänä, mutta ne eivät ole opetuksen keskiössä. Opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamista pidetään moraalisesti hyväksyttävänä ja suuri osa yliopisto-opettajista myös pyrkii vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin ilmastonmuutoksen kaltaisten aiheiden suhteen. Vastaajien mukaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen opetus on hyvällä tasolla, mutta parantamisen varaa on. Kemianala nähdään myös opettajakunnassa olevan avainasemassa kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemisessä.</p> <p>Kestävä kehityksen avainkompetenssien ottamista huomioon kemianalan koulutusohjelmien suunnittelussa ja opetuksen laadun arvioinnissa tulisi harkita. Tämä voisi edistää taitojen nousemista opetuksessa keskeisempään asemaan. Vedyn ja hiilidioksidin käyttöä raaka-aineina tulisi nostaa vahvemmin esiin opetussisältönä. Myös kansallisia, kaikkien toimijoiden käytettävissä olevia verkkokursseja tulisi kehittää ja toteuttaa yhteistyössä yliopistojen ja teollisuuden edustajien kanssa.</p>			
AVAINSANAT – NYCKELORD – KEYWORDS			
Kestävä kehitys, kemianalan yliopistokoulutus, kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen			
SÄILYTYS-PAIKKA – FÖRVARINGSTÄLLE – WHERE DEPOSITED			
E-Thesis: <a href="https://ethesis.helsinki.fi">https://ethesis.helsinki.fi</a>			
OHJAAJAT			
Maija Aksela ja Johannes Pernaa			

## Sisällys

1. Johdanto .....	1
2. Kestävä kehitys ja kestävä kemia.....	4
2.1 Kestävä kehitys .....	4
2.2 Vihreä kemia ja kestävä kemia .....	5
2.2.1 Kasvihuonekaasupäästöt .....	7
2.2.2 Hiilineutraalisuus.....	12
3. Kestävän kehityksen edellyttämä osaaminen.....	14
3.1 Kestävän kehityksen edellyttämät avainkompetenssit .....	14
3.2 Kestävä kehitys ja kestävä kemia yliopisto-opetuksessa .....	16
3.3 Kestävän kehityksen mukaiset opetusmenetelmät.....	20
4. Tutkimus .....	24
4.1 Tutkimuskysymykset .....	24
4.2 Tutkimusstrategia: Monimenetelmällinen tapaustutkimus .....	25
4.3 Aineistonkeruumenetelmät.....	26
4.3.1 Tutkimuskysely .....	27
4.3.2 Tutkimuskohde.....	33
4.4 Tulosten käsittely ja analyysi .....	34
4.5 Luotettavuus .....	36
5. Tulokset .....	37
5.1 Sisällöt.....	37
5.2 Opetusmenetelmät.....	41
5.3 Taidot .....	45
5.4 Suhtautuminen asennevaikuttamiseen .....	49
5.5 Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen kehittäminen.....	50
6. Pohdinta ja johtopäätökset .....	55
6.1 Miten kasvihuonepäästöjen vähentämiseen tähtäävän osaamisen kehittymistä tuetaan kemianalan yliopisto-opetuksessa?.....	55
6.2 Miten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvää opetusta tulisi kehittää?. ..	59
6.2 Kyselyn arviointi.....	62
Lähteet .....	63

# 1. Johdanto

Kemianalan yliopistokoulutus on merkittävässä osassa kestävän ja hiilineutraalin tulevaisuuden luomisessa. Erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä kemianalan osaajilla on merkittävä rooli. Kestävän tulevaisuuden luomisessa keskeisessä osassa on muutos, kasvihuonekaasujen vähentämisen osalta muutos pois fossiilisiin raaka-aineisiin perustuvasta taloudesta ja energiasta sekä muutos hiilen tehokkaampaan kierrättämiseen. Muutos vaatii suuria uudistuksia teollisuudessa kokonaisten arvoketjujen osalta, mikä käsittää yksittäisten hyödykkeitten kohdalla monia toimijoita, tuotantoprosesseja, kuljetuksia ja materiaalien kierrätystä. Siksi kemianalan yliopistokoulutuksen on edistettävä asiantuntijuutta, joka koostuu muutoksen mahdollistavista avainkompetensseista. Avainkompetenssit koostuvat oikeanlaisen tiedon lisäksi myös taidoista ja asenteista (Baartman, Bastiaens, Kirschner & van der Vleuten, 2007; Wiek, Withycombe & Redman, 2011). Jotta tämä tavoite voidaan saavuttaa, on opetuksen oltava linjassa tavoitteen kanssa. Tarvittavien taitojen oppiminen vaatii oppijakeskeistä, kollektiivista, praktista ja havaintojen kautta tapahtuvaa oppimista (Sterling, 2004).

Suomi on ratifioinut YK:n ilmastositoumuksen vuonna 1994, eli ilmastonsuojelun puitesopimuksen, joka laadittiin Rio de Janeiron kokouksessa vuonna 1992. Sopimusta on täydennetty Kioton pöytäkirjalla, jonka velvoitekaudet jatkuvat 2020 asti. Vuonna 2020 voimaan astuu 2015 tehty Pariisin ilmastositoumus. (Ympäristöministeriö, 2018)

Suomi on sitoutunut YK:n kestävä kehityksen toimintaohjelman Agenda 2030 (UN, ei pvm.), tavoitteisiin ja periaatteisiin (Valtioneuvosto, 2016). Suomen opetus- ja kulttuuriministeriön korkeakoulu- ja tiedepolitiikan linjauksen mukaisesti ”Yliopistot ja ammattikorkeakoulut edistävät toiminnallaan suomalaista kilpailukykyä, hyvinvointia ja sivistystä sekä kestävä kehitystä” ja ”Korkeakoulut ennakoivat ja tukevat yhteiskunnan, kulttuurin ja työelämän uudistumista ja turvaavat tarvittavan korkeakoulutetun työvoiman saatavuuden.” (Opetus- ja kulttuuriministeriö, ei pvm.)

Kestävä kehitys on siis Suomen koulutuksen agendana kaikilla kouluasteilla. Yliopistot ovat vastanneet haasteeseen sitoutumalla kestävän kehityksen tavoitteiden edistämiseen

koulutuksella, tutkimuksella ja kestävillä kampuksilla. Useimmilla Yliopistoilla Suomessa on kestävä kehityksen mukaisia tavoitteita kirjattu yliopiston viimeisimpään strategiaan, esimerkkeinä Helsingin yliopisto (Helsingin yliopisto, 2020), Aalto-yliopisto (Aalto-yliopisto, 2020) ja Oulun yliopisto (Oulun yliopisto, ei pvm.). Suomen yliopistoissa tarjotaan myös kestävä kehityksen kulutusohjelmia ja opintojaksoja esimerkiksi Tampereen ja Turun yliopistoissa (Tampereen yliopisto, ei pvm.; Turun yliopisto, ei pvm.).

Koska hiilineutraalisuuteen tai kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävän koulutuksen edistämisestä ei ole juurikaan aiempaa tutkimusta ja kestävä kemian opetuksesta korkeakoulutasolta tutkimusta on myös hyvin vähän, aihetta lähestytään tässä tutkimuksessa kestävä kehityksen korkeakouluopetuksen kautta. Korkeakoulujen opetushenkilökunnan näkemyksiä kestävä kehityksen opetuksesta on tutkittu jonkin verran, mutta ei kemianalan koulutuksen osalta. Aiempien tutkimuksien perusteella kestävä kehityksen opetus on ristiriidassa totutun opetustavan kanssa, eikä kestävä kehitystä nähdä aina relevanttina opetettavan aineen kannalta (Christie, Miller, Cooke & White, 2013; Cotton, Bailey, Warren & Bissel, 2009). Vaikka kestävä kehityksen mukainen opetus on haastavaa toteuttaa perinteisessä, erillisiin ainelaitoksiin jakautuvassa ja usein massaluentoina järjestettävässä yliopisto-opetuksessa ilman massiivisia muutoksia, opetushenkilökunta saattaa asenteesta riippuen kuitenkin tehdä paljon kestävä kehityksen mukaisen opetuksen edistämiseksi (Cotton ym., 2009).

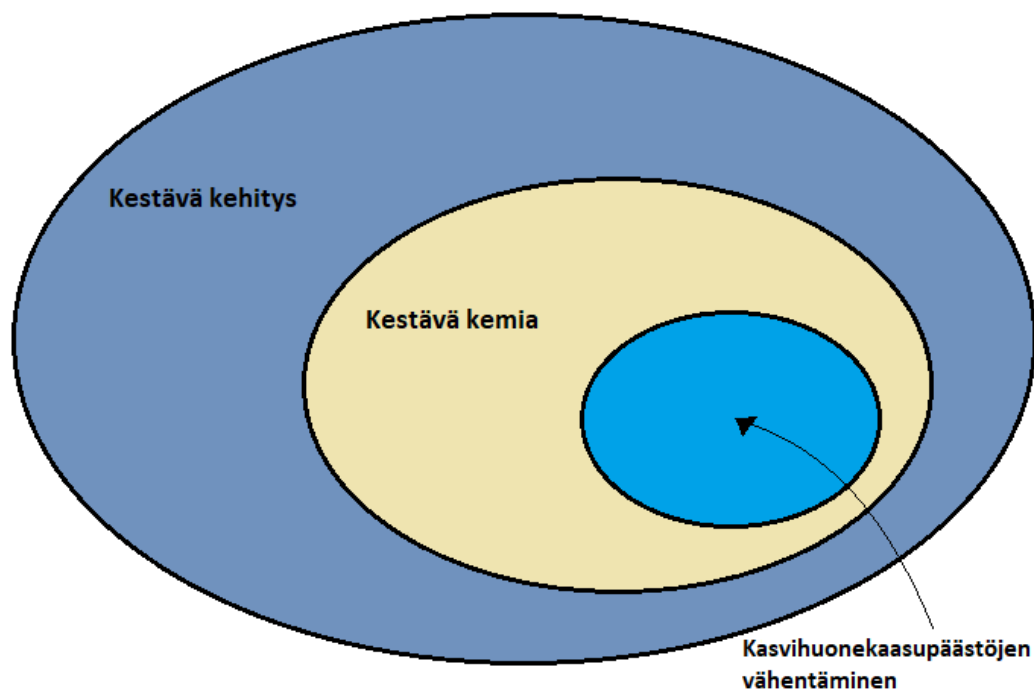
Tämän tutkimuksen tarkoitus on luoda kuvaa siitä, mikä on Suomen kemianalan yliopisto-opetuksen tämän hetken tilanne kasvihuonepäästöjen vähentämiseen tähtäävän osaamisen kehittämisen tukemisen osalta. Mainittu osaaminen käsittää sekä merkittävimmät kemianalan aihealueeseen liittyvät sisällöt, että kestävä kehityksen opetuksen mukaisten opetusmenetelmien käytön. Tutkimuksessa kartoitetaan myös kemianalan yliopisto-opettajien suhtautumista taitojen oppimisen edistämiseen opetusmenetelmillä ja opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamiseen. Tällä lähestymistavalla pyritään luomaan kuva avainkompetenssien määritelmän (Baartman ym., 2007; Wiek ym., 2011) mukaisen osaamisen kehittämisen edellytyksistä, joka käsittää tiedon, taidon ja asenteen kehittämisen. Lisäksi pyritään luomaan katsaus siitä, mihin suuntaan kemianalan opetusta tulisi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän osaamisen tukemisen osalta kehittää tulosten ja alan kirjallisuuden perusteella.

Tutkimus toteutettiin Kemianteollisuus ry:n tilauksesta (Pinomaa, ei pvm.). Kemianteollisuus ry on asettanut tavoitteekseen hiilineutraalin kemianteollisuuden vuoteen 2045 mennessä. Kemianteollisuus ry on määritellyt tavoitteeseen pääsemisen edellyttävän kestäväen kehityksen mukaisia liiketoimintamalleja, tutkimusta, kehitystä ja innovaatiota, uusia raaka-aineita, teknologioita ja kiertotaloutta, uudistuvaa osaamista ja kaikkea tätä turvallisuudesta tinkimättä. Onnistuakseen toimintaympäristön on myös tuettava pyrkimyksiä. Edellytykset toimintaympäristölle ovat: puhdas ja hinnaltaan kilpailukykyinen energijärjestelmä, tutkimus ja innovaatiopanostukset, varmuus ja ennustettavuus sekä tarvittava osaaminen.

Luvussa 2. käsitellään kestävää kehitystä, kestävää kemiaa, kasvihuonekaasupäästöjä ja hiilineutraalisuuden käsite lyhyesti. Luvussa 3. esitellään kestäväen kehityksen mukaiset avainkompetenssit. Lisäksi tarkastellaan alan kirjallisuutta kestäväen kehityksen mukaisesta osaamisesta sekä opetusmenetelmistä yliopistotasolla. Luvussa 4. esitellään tutkimuskysymykset ja tutkimusmenetelmä ja luvussa 5. tutkimuksen tulokset. Luku 6. on Pohdinta ja johtopäätökset, jossa luodaan yhteenveto siitä, millaisen kuvan tutkimus antaa kemianalan kasvihuonekaasupäästöihin liittyvästä opetuskentästä ja miten sitä voitaisiin kehittää ja mitä asioita tulisi tulevaisuudessa nostaa tutkimuskohteiksi.

## 2. Kestävä kehitys ja kestävä kemia

Tässä luvussa esitellään lyhyesti kestävä kehitys, kestävä kemia sekä kasvihuonekaasut ja hiilineutraalisuus. Luvussa 3 käsitellään kestävä kehityksen edellyttämää osaamista avainkompetenssien, kestävä kehityksen yliopisto-opetukseen liittyvän tutkimuksen, sekä kestävä kehityksen opetukseen suositeltavien opetusmenetelmien kautta. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä käsittelevää opetusta kemian korkeakouluissa ei ole aiemmin tutkittu ja korkeakoulutason tutkimusta kestävä kemian opetuksesta on myös hyvin niukasti. Sen vuoksi aihetta pyritään ymmärtämään kestävä kehityksen korkeakouluopetukseen liittyvän tutkimuksen kautta, sillä se on kestävä kemian ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kattoteema (kuva 1).



Kuva 1: Kestävä kehityksen, kestävä kemian ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen keskinäinen suhde

### 2.1 Kestävä kehitys

Käsitteenä kestävä kehityksen historia yltää 1700-luvulle, ja sitä on käytetty 1900-luvun alkupuolella kestävä metsänhoidon yhteydessä (Dillon, 2014). YK:n alainen Brundtlandin komissio nosti kestävä kehitykseen kuitenkin kansainvälisen keskustelun keskiöön vuonna 1987 raportillaan *Our common future*. Komissio koottiin johtamaan kansainvälistä pyrkimystä kestävämpään tulevaisuuteen. Samalta komissiolt on peräisin myös kestävä kehityksen tunnetuin määritelmä, jonka mukaan kestävä kehitys tarkoittaa toimintatapaa,

jolla tyydytetään ihmiskunnan tämän hetkiset tarpeet vaarantamatta tulevaisuuden sukupolvien mahdollisuutta tehdä samoin. (World Commission on Environment and Development., 1987)

Brundtlandin komission jälkeen YK on määritellyt kestävän kehityksen toimintaohjelman, Agenda 21:n vuonna 1992, sekä määritellyt kestävän kehityksen tavoitteet (kuva 2) Agenda 2030:ssa vuonna 2015. Ilmastonsuojelu on molemmissa ohjelmissa keskeinen tavoite. Myös kestävä teollisuus, innovaatiot ja infrastruktuuri on listattu Agenda 2030 tavoitteisiin ja vuoden Agenda 21 mukaan yritysten ja teollisuuden osallistuminen tavoitteiden saavuttamiseen on välttämätön. (UN; UNCED, 1992)



Developed in collaboration with TROLLBÄCK & COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1.212.529.1010  
For queries on usage, contact: dpcampaigns@un.org | (Non official translation made by UNRIC Brussels (September 2015))

Kuva 2: kestävän kehityksen 17 tavoitetta, Suomen YK-liitto.

## 2.2 Vihreä kemia ja kestävä kemia

Vihreä kemia ja kestävä kemia on käsitetty pitkään synonyymeina. Vihreä kemia kehitettiin 1990-luvulla Yhdysvalloissa, mutta Euroopassa samasta asiasta alettiin käyttää termiä kestävä kemia, jottei sanaa vihreä yhdistettäisi poliittiseen vasemmistoon liittyviin vihreisiin poliittisiin puolueisiin (Burmeister, Rauch & Eilks, 2012). Vihreä kemia perustuu systemaattiseen suunnitteluun vihreän kemian 12 periaatteen (taulukko 1) mukaisesti.



Tavoite on kehittää mahdollisimman turvallisia aineita, synteesejä ja prosesseja, joissa kuluu mahdollisimman vähän raaka-aineita ja syntyy mahdollisimman vähän jätettä (Anastas, 1998). Ainakin periaatteiden 1, 2, 6, 7, 9 ja 11 voidaan katsoa osaltaan tähtäävän myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen.

Taulukko 1: Vihreän kemian periaatteet (Anastas, 1998)

<b>1.</b>	<b>Jätteen ennaltaehkäiseminen</b>	On parempi ehkäistä jätteen syntymistä etukäteen kuin siivota sitä jälkeenpäin.
<b>2.</b>	<b>Atomiekonomia</b>	Synteesit olisi suunniteltava siten, että kaikki prosessissa mukana olevat materiaalit tulisi mahdollisimman tehokkaasti käytetyiksi.
<b>3.</b>	<b>Vähemmän vaarallisia synteesejä</b>	Synteesien suunnittelussa tulisi pyrkiä käyttämään ja tuottamaan mahdollisimman vähän ihmiselle ja ympäristölle myrkyllisiä aineita.
<b>4.</b>	<b>Turvallisempien kemikaalien suunnittelu</b>	Kemiallisten tuotteiden tulisi täyttää haluttu tarkoitus ja olla mahdollisimman myrkyttömiä.
<b>5.</b>	<b>Turvallisemmat liuottimet ja apuaineet</b>	Apuaineiden käyttöä tulisi välttää ja käytettäessä niiden tulisi olla mahdollisimman vaarattomia.
<b>6.</b>	<b>Suunnittelu energia tehokkaaksi</b>	Kemiallisten prosessien energiaedellytykset ja niiden vaikutus ympäristöön ja talouteen tulisi ottaa huomioon. Kemialliset prosessit pitäisi toteuttaa ympäröivässä paineessa ja lämpötilassa, jos suinkin mahdollista.
<b>7.</b>	<b>Uudistuvien raaka-aineiden käyttö</b>	Käytettyjen raaka-aineiden tulisi olla uusiutuvia, jos se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista.
<b>8.</b>	<b>Johdannaisten vähentäminen</b>	Johdannaisten, kuten suojaryhmien käytön, mahdollisimman vähäinen käyttö, sillä se lisää reagenssien käyttöä ja jätteen muodostumista.
<b>9.</b>	<b>Katalyysi</b>	Suositaan katalyyttien käyttöä.
<b>10.</b>	<b>Hajoamaan suunnittelu</b>	Tuote suunnitellaan siten, että se hajoaa elinkaarensa lopuksi vaarattomiksi aineiksi.
<b>11.</b>	<b>Ajantasainen saasteiden ehkäisyn analyysi</b>	Vaarallisen jätteen syntymistä seuraavien analyttisten menetelmien on oltava ajan tasalla.
<b>12.</b>	<b>Luonteeltaan turvallisempaa kemiaa onnettomuuksien ehkäisemiseksi</b>	Kemikaalit ja kemikaalien käyttötavat pitää valita siten, että minimoidaan onnettomuusriskit.

Eri konsepteja ja käsitteitä kestävästä kemian suuntauksista on ollut hyvin monenlaisia (Roon, Govers, John & Weenen, 2001), mutta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävää kestävästä kehityksen alakäsitettä tiedeyhteisö ei kuitenkaan tunne. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on lähinnä yksi kestävästä kemian haasteista. Nykyään kestävästä kemian käsitteestä on pyritty laajentamaan kattavaksi kattotermiksi. Kansainvälisesti toimiva kestävästä kemian yhteistyön keskus ISC3 (International Sustainable

Chemistry Collaborative Center) pyrkii eri tahojen välisen dialogin kautta määrittelemään mitä kestävä kemia on (ISC3, 2020). Sivustolle on koottu UNEP:in (United Nations Environment Program) teettämässä tutkimuksessa 90% enemmistön yksimielisyydellä valitut kuusi toimenpidettä, jotka sisällytetään kestävän kemian tavoitteiksi. Niistä sellaisia, joiden ei voida katsoa kuuluvan suoranaisesti vihreän kemian periaatteisiin oli kolme. Nämä kolme tavoitetta olivat:

- uusien innovaatioiden lisääminen yliopistoissa, start up- ja kemianalan yrityksissä,
- integroida vihreä kemia ja kestävä kehitys kemian opetussuunnitelmiin, sekä
- käyttää taloudellisia välineitä ja innovatiivista rahoitusta uusien innovaatioiden synnyttämiseksi (ISC3, 2020).

OECD:n (Organisation for Economic Co-operation and Development) määrittelee kestävän kemian tieteelliseksi käsitteeksi, joka pyrkii kehittämään luonnonvarojen tehokasta käyttöä inhimillisten kemian tuotteiden ja palveluiden tarpeen tyydyttämiseen, käsittäen suunnittelun, tuotannon sekä tehokkaiden, tuottavien, turvallisten ja ympäristöystävällisempien, tuotteiden ja prosessien käytön. Kestävä kemian periaatteet myös kannustavat uusien innovaatioiden kehittämiseen kemikaalien, prosessien ja tuotantotapojen osalta kaikilla sektoreilla, lisäten suorituskykyä ja arvonalistusta, siten että tavoitteet ihmisten terveydestä ja ympäristön hyvinvoinnista täyttyvät. (OECD, ei pvm.)

### 2.2.1 Kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasut ovat kaasuja, jotka ilmakehässä ehkäisevät maapallon pinnalta lähtevän lämpösäteilyn poistumista avaruuteen vaikuttaen siten Maan säteilytaseeseen. Kasvihuonekaasuja on useita. IPCC:n neljännen arviointiraportin mukaan kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ), metaani ( $\text{CH}_4$ ), dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ja f-kaasuksi kutsutut yhdisteet, joihin lukeutuvat fluorihiiilivedyt (HFC-yhdisteet), perfluorihiiilivedyt (PFC-yhdisteet), rikkiheksafluoridi ( $\text{SF}_6$ ) ja typpitrifluoridi ( $\text{NF}_3$ ). Lisäksi kasvihuonekaasuiksi lasketaan sekä CFC-yhdisteet että HCFC-yhdisteet, joskin molempien käyttö on vähentynyt merkittävästi viime vuosikymmeninä. Kasvihuonekaasuja ovat myös vesihöyry ja alailmakehän otsoni. (Solomon, ym., 2007a)

YK:n ilmastopöytäkirjan, Kioton pöytäkirjan sekä EU:n kasvihuonekaasupäästöjen seurantajärjestelmän mukaan Suomen on seurattava ja raportoitava kasvihuonekaasupäästöjä ja nieluja vuosittain. Tätä hoitaa Suomessa Tilastokeskuksen alainen kansallinen kasvihuonekaasuinventaariojärjestelmä. (Perälä, 2019)

Tilastokeskuksen mukaan (taulukko 2, kuvaaja 1 ja kuvaaja 2) (Tilastokeskus, 2018a) Suomessa hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli ja HFC-yhdisteet muodostavat merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöt. Kuvaajista käy ilmi kasvihuonekaasupäästöjen kehitys kolmen viimeisen vuosikymmenen osalta. Taulukko käsittää kaikki Suomen kasvihuonekaasupäästöt pois lukien LULUCF-sektori, joka tarkoittaa maankäytön-, maankäytön muutos ja metsätalous -sektoria. LULUCF-sektori käsittää myös hiilinielut. Kemianteollisuuden osuus Suomen kasvihuonepäästöistä vuonna 2018 kyseisen taulukkotietokannan mukaan on 2,3% (Tilastokeskus, 2018a). Kemian teollisuus on yksi teollisuussektorin aloista, jossa muita aloja ovat muun muassa metalli- ja mineraaliteollisuus. Selvästi merkittävin päästöjä tuottava sektori on energiassektori, johon kuuluu tietysti energiateollisuus, mutta myös muun muassa kotimaan liikenne. Muita erillisiä sektoreita ovat esimerkiksi jätteiden käsittely ja maatalous. Kemianalan osaajien vaikutus ei kuitenkaan rajoitu vain kemianteollisuuteen, vaan esimerkiksi biopolttoaineiden kehittäminen voi vaikuttaa merkittävästi liikenteen tuottamiin päästöihin.

Kokonaisuudessaan Suomen kasvihuonekaasupäästöt ovat pudonneet vuodesta 1990 vuoteen 2018 20,8 % ja hiilidioksidin päästöt 19,7%. Vain fluorihiihivetyjen päästöt ovat tarkastelujaksolla kasvaneet, mutta vuonna 2018 niiden osuus kaikista päästöistä oli silti vain 2,1%. (Tilastokeskus, 2018a)

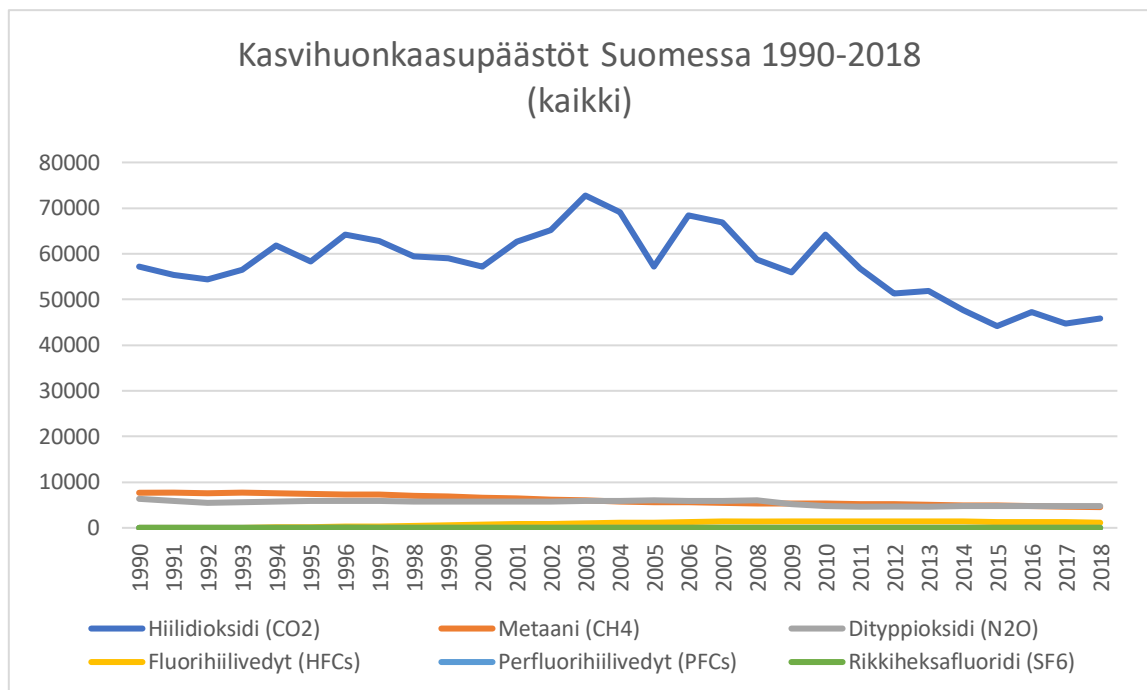
Tilastokeskus toteuttaa seurantaansa Kioton pöytäkirjan velvoittamalla tavalla, jossa kasvihuonekaasuiksi luetellaan hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi sekä F-kaasut (Tilastokeskus, ei pvm.). Kuvaajasta 1 on havaittavissa, että hiilidioksidi on selvästi merkittävin kasvihuonekaasu, sillä sen päästöt ovat kertaluokkaa suuremmat, kuin metaanin ja dityppioksidin. Kuvaajasta 1 ja 2 on nähtävissä, että perfluorihiihivetyjen ja rikkiheksafluoridin merkitys muihin verrattuna on lähes olematon. Taulukossa 2 kaasujen aiheuttamat päästöt on esitetty 100 vuoden hiilidioksidiekvivalenteina. Tilastokeskuksen kartoitus on tehty vuodesta 1990, ja kattava taulukko vuosilta 1990–2018 löytyy liitteenä (liite 1). Kuvaajat 1 ja 2 on piirretty edellä mainitun kuvaajan tietojen perusteella.

Hiilidioksidiekvivalentti on yhteismitta, joka mahdollistaa eri kasvihuonekaasujen vaikutusten vertailun, sillä kaasujen lämmityskapasiteetit ja säilyminen ilmakehässä poikkeavat toisistaan huomattavasti (Solomon, ym., 2007b). Lämmitysvaikutukset muutetaan yhteismitallisiksi hiilidioksidin lämmityspotentiaalikerroimen avulla. Hiilidioksidin lämmityspotentiaali ilmaisee massayksikön päästön suhteellisen lämmitysvaikutuksen tietyn ajan, yleensä 20 tai 100 vuoden, kuluessa. Muiden kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalikerroimet ilmaistaan suhteessa hiilidioksidin massayksikköä kohden. Lämmityspotentiaalikerroimen lukuarvo ilmaistaan GWP-kertoimena (Global Warming Potential) (Ilmatieteenlaitos, ei pvm.; Solomon, ym., 2007b).

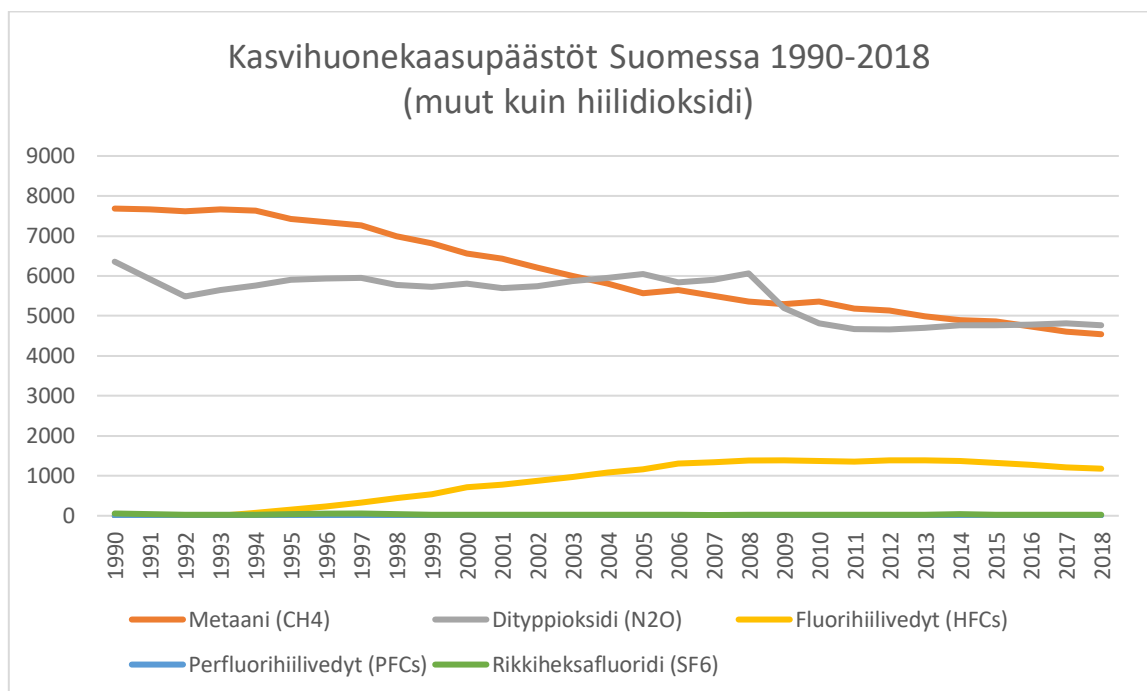
Tilastokeskus on käyttänyt taulukossaan YK:n ilmastopimuksen raportointiohjeita, jossa GWP100-kertoimet ovat IPCC:n neljännen arviointiraportin (Solomon, ym., 2007a) mukaisesti 25 metaanille, 298 typpioksiduulilla ja 12-22800 fluorikaasuille kaasusta riippuen (Tilastokeskus, ei pvm.).

Taulukko 2: Kasvihuonekaasujen inventaario, Tilastokeskus (2018b).  
Koko taulukko vuosilta 1990-2018 löytyy liitteenä (Liite 1).

<b>Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa muuttujina Päästöluokka, Kasvihuonekaasu, Vuosi ja Tiedot</b>		1990	...	2018
		<b>Päästö, tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.</b>		<b>Päästö, tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.</b>
Päästöt yhteensä pl. LULUCF-sektori	<b>Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>)</b>	57138	...	45902
	<b>Metaani (CH<sub>4</sub>)</b>	7685	...	4541
	<b>Dityppioksidi (N<sub>2</sub>O)</b>	6356	...	4769
	<b>Fluorihilivedyt (HFCs)</b>	0	...	1178
	<b>Perfluorihilivedyt (PFCs)</b>	0	...	2
	<b>Rikkiheksafluoridi (SF<sub>6</sub>)</b>	52	...	20



Kuvaaja 1: Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1990–2018. Kuvaaja piirretty Tilastokeskuksen taulukon perusteella (Tilastokeskus, 2018b).



Kuvaaja 2: Suomen kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidia lukuun ottamatta vuosina 1990–2018. Kuvaaja piirretty Tilastokeskuksen taulukon perusteella (Tilastokeskus, 2018b).

### **Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävä teollisuuden uudistukset**

Tutkimuksessa valittiin opetettavat sisällöt Ceficin (The European Chemical Industry Council) tilaamasta ja DECHEMA:n (Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V) toteuttamasta selvityksestä, jossa selvitettiin mahdollisuuksia ja haasteita saavuttaa Euroopan komission asettaman 80-95% kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteen Euroopan kemianteollisuuden osalta. DECHEMA on saksalainen voittoa tavoittelematon kemian tekniikan ja bioteknologian asiantuntijoiden verkosto (DECHEMA, ei pvm.). Tutkimus keskittyy tarkastelemaan yhdeksää kemianteollisuuden merkittävintä tuotetta, joiden tuotanto kattaa yli 50% Euroopan kemianteollisuuden energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä. Mainitut tuotteet ovat metanoli, etyleeni, propyleeni, bentseeni, tolueni, ksyleenit, ammoniakki, urea ja kloori. Nämä yhdeksän kemikaalia kattavat valtaosan kaikkien petrokemian orgaanisten tuotteiden rakennusaineista. Lisäksi keskityttiin muutamien synteettisten polttoaineiden tuotantoon. Tutkitut teknologiat keskittyivät energiatehokkuuteen, matalahiilipäästöiseen energiaan sekä vaihtoehtoihin raaka-ainehiilen lähteisiin. Koska uuden teknologian käyttöönotto kestää teollisuudessa kymmenisen vuotta, tutkitut teknologiat keskittyivät korkean valmiustason (vähintään valmiustasolla 6), eli jo vähintään testilaitoksissa testattuihin teknologioihin. DECHEMA:n selvityksessä esiteltyt, hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kannalta merkittävimmät kemianteollisuuden tuotteet, prosessit ja ratkaisut on koottu käsitekarttaan (kuva 2). (Introzzi & Roskothen, 2017)



tutkimuksessa on keskitytty kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, jotka käsittävät toki myös hiilidioksidin talteenoton ja sidonnan (CCS), joka tähtää hiilidioksidin pysyvään varastointiin esimerkiksi maanalaisiin varastoihin. Introzzi ja Rosskothén (2017) katsovat kyseisen teknologian etuna olevan kuitenkin tällä hetkellä pääasiallisesti hiilidioksidin uudelleenkierätyksen raaka-aineeksi.



### 3. Kestävän kehityksen edellyttämä osaaminen

#### 3.1 Kestävän kehityksen edellyttämät avainkompetenssit

Kestävän tulevaisuuden rakentamisessa tarvitaan kykyä osuvien tulevaisuuden skenaarioiden hahmottelemiseen ja oikeanlaisen muutoksen aikaansaamiseen. Tarvittavaa osaamista pyritään määrittelemään avainkompetensseilla. Kompetenssi on laajalti ja monilla tieteen aloilla käytössä oleva termi, jolle on vaikea antaa tarkkaa määritelmää. Se on määritelty useissa eri yhteyksissä, mutta yleensä sillä tarkoitetaan tietynlaista toisiinsa kytkeytyneiden tiedon, taidon ja asenteiden kokonaisuutta, joita tietyn päämäärän saavuttaminen edellyttää (Baartman ym., 2007; Wiek ym., 2011). Wiek kollegoineen tähdentää, että kestävän kehitykseen liittyvät kompetenssit ovat yhdistelmä tietoja, taitoja ja asenteita, joita tarvitaan kestävän kehityksen mukaisten ongelmien ratkaisemiseen.

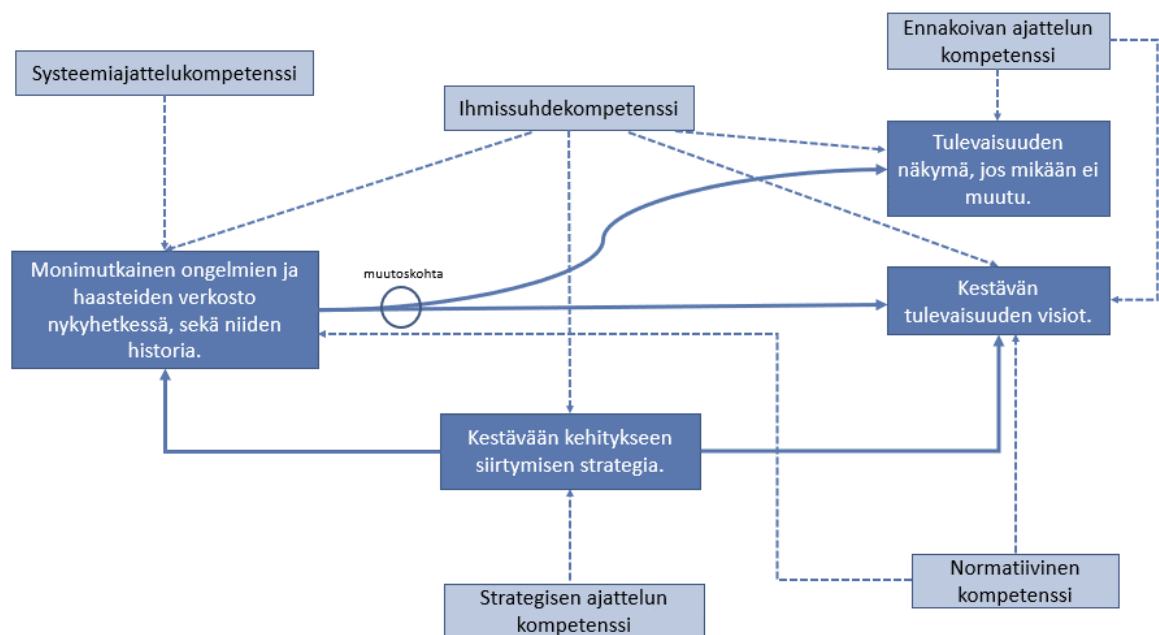
Avainkompetensseilla viitataan puolestaan kompetensseihin, joita tarvitaan tietyn tyyppisissä ongelmissa. Kestävän kehityksen avainkompetenssien määrittelemisen siis auttaa erottamaan ne muiden alojen tai yleisesti hyödyllisistä kompetensseista (Wiek ym., 2011). Kestävän kehityksen mukaisten avainkompetenssien määrittelemisen on tärkeää, jotta niiden pohjalta voidaan muodostaa oppimistavoitteet ja osaamiskriteerit, joihin koulutuksessa ja työelämässä pyritään (Wiek ym., 2011).

Wiek kollegoineen toteaa, että kasvatustieteellisessä kirjallisuudessa avainkompetenssien ja oppimistulosten määrittely kestävän kehityksen osalta on jo pitkään nähty välttämättömänä, jotta laadukasta opetusta ja oppimista voidaan suunnitella ja arvioida. Määritellyt avainkompetenssit luovat jaetun kehityksen eri alojen edustajien väliseen profilointiin. Aiemmin alan kirjallisuudessa on esitetty listoja toivottavista taidoista, mutta ilman selkeitä valintaperusteita. Wiek kollegoineen on koonnut kestävän kehityksen avainkompetenssit alan vertaisarvioidusta kirjallisuudesta, tehnyt niistä yhteenvedon ja muodostanut viisi kestävän kehityksen ratkaisujen edellyttämää avainkompetenssia:

- Systeemisen ajattelun kompetenssi: Monimutkaisten systeemien rakenteiden ja dynamiikan ymmärtäminen, edellytetään siirtymävaiheissa.
- Ennakoivan ajattelun kompetenssi: Kyky hahmottaa tulevaisuuden kehityskulkuja.

- Normatiivinen kompetenssi: Kyky ohjata muutoksen suuntaa ja orientaatiota. Sisältää esimerkiksi riskien arviointia.
- Strateginen kompetenssi: Yhteydessä kolmeen edeltävään kompetenssiin. Tarkoittaa kykyä toteuttaa ja toimeenpanna siirtymiä kestävämpiin ratkaisuihin.
- Ihmissuhdekompetenssi: Kommunikaatio- ja yhteistyökyvyt sekä poikkitieteellinen yhteistyö.

Kustakin avainkompetenssista on kirjattu määritelmä, esimerkkejä ja perustelut, joita tukevat kestävä kehityksen periaatteet ja peruskäsitteet alan kirjallisuudesta. Kuvassa 3 on kaavio, joka kuvaa Wiekin ja kollegojen avainkompetenssien tarvetta kestävä kehityksen mukaisen muutoksen eri vaiheissa. Liitteenä on taulukko, jossa kompetensseista on annettu hieman yksityiskohtaisempi kuvaus ja yhteenveto kyseisen kompetenssin edellyttämästä osaamisesta (Liite 3).



Kuva 3. Viisi avainkompetenssia ja miten ne liittyvät kestävään muutokseen. Suomennos Wiekin ym. (2011) kaaviosta.

Kemianalalla on tarvetta kehittää kokonaisten arvoketjujen kestävyyttä, missä kasvihuonekaasupäästöt ovat vain yksi kestävyiden osa-alue. Arvoketjussa on tarkasteltava raaka-ainetuotantoa, jalostusta, energianlähteitä ja kulutusta, tuotteiden kuljetusta ja pakkausta, alihankkijoiden käytäntöjä, sekä jätteiden käsittelyä tai kierrätystä. Lisäksi pitäisi kyetä toteuttamaan teollisuusyksiköiden ja -alojen välistä yhteistyötä ja kiertotaloutta. Pienten muutosten vaikutusta kokonaisuuteen on kyettävä arvioimaan, kuin myös sen

merkitystä suuressa mittakaavassa. Erilaiset intressit on osattava sovittaa yhteen ja monialaisia ongelmia on ratkaistava monialaisissa työyhteisöissä.

Wiekin ja kollegoiden (2011) avainkompetenssit kokoavat yhteen alan kompetensseja, joita kestävä kehityksen ongelmien ratkaisemisen ja hyödyttävän tutkimuksen on alan kirjallisuudessa katsottu välttämättömäksi. Vaikka tässä tutkimuksessa keskitytään vain yhteen kestävä kehityksen osa-alueeseen (kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen) ja vain kemianalan näkökulmasta, Wiekin ja kollegoiden avainkompetenssit katsottiin päteväksi tarvittavan osaamisen määrittelyn kehykseksi. Vaikka mainitut avainkompetenssit perustuvat kestävä kehityksen erityistarpeisiin, kestävä muutoksen malli on hyvin yleisluontoinen ja sovellettavissa kaikissa instituutioissa tehtävään muutokseen ja osaamistarpeet ovat tällöin samanlaiset.

### 3.2 Kestävä kehitys ja kestävä kemia yliopisto-opetuksessa

Burtlandin komission (1987) ja Rio Summit -huippukokouksen (1992), jossa YK:n ilmastonsuojelun puitesopimus laadittiin, jälkeen nousi vahva keskustelu kestävä kehityksen opetuksesta kaikilla koulutustaosoilla. Ympäristökasvatus oli kuitenkin ollut tiedeyhteisön kiinnostuksen kohteena jo useamman vuosikymmenen ajan. Kestävä kehityksen opetukseen viittaavaksi käsitteeksi on vakiintunut englannin kielinen *education for sustainable development* eli ESD. Myös useita muita käsitteitä kestävä kehityksen opetukseen on ehdotettu. Esimerkiksi Sterling (2004) pitää käsitettä kestävä kasvatus (*sustainable education*, SE) kattavimpana, muut kestävä kehityksen opetuksen käsitteet sisäänsä sulkevana käsitteenä. Hänen mukaansa se on myös osuvampi, jos halutaan viitata perustavanlaatuisen muutokseen koulutuksen paradigmassa. (Sterling, 2004)

UNESCO kuvailee kestävä kehityksen opetuksen antavan mahdollisuuden muuttaa sitä, miten ihmiset ajattelevat ja työskentelevät kestävä tulevaisuuden eteen (UNESCO, ei pvm.). Muutos on siis kestävä kehitykseen liittyvän opetuksen keskiössä. Koska nykyinen elintapamme ei ole kestävä, on tulevaisuuden tekijöiden pystyttävä tekemään perustavanlaatuisia muutoksia, jotta maailmanlaajuinen yhteisö voisi elää kestävästi. Yksi merkittävä ongelma kestävä kehityksen sisällyttämisessä yliopistojen opetusohjelmiin on se, että kestävällä kehityksellä ei ole selkeästi määriteltyä päämäärää johon pyrkii (Thomas, 2009; Wals & Jickling, 2002). Emme tiedä millainen kestävä tulevaisuus tarkalleen on.

Thomas määrittelee kestävyuden kuitenkin pyrkimykseksi sovittaa yhteen vastakkaisia arvomaailmoja, eli ympäristö- ja talousarvoja, joiden välille yhteiskunta asettuu.

Koska kestävä kehityksen aiheisällöt ovat pitkälti riippuvaisia opettavasta tieteenalasta, kestävä kehityksen opetusta käsittelevässä kirjallisuudessa on keskitytty taitoihin, kuten kriittiseen, systeemiseen ja refleктоivaan ajatteluun; luovuuteen; itseorganisoitumiseen ja kykyyn tehdä päätöksiä epävarmoissa tilanteissa (Sterling, 2004). Lista on pitkä, sillä se sisältää taitoja, joita mahdollisimman osuvien tulevaisuuden skenaarioiden hahmottamisen ja oikeanlaisen muutoksen aikaansaamisen uskotaan vaativan. Edellä mainittujen lisäksi eniten korostetaan tieteiden välistä yhteistyökykyä, holistista ajattelua, yhteistyö- ja kommunikointitaitoja, ongelmanratkaisutaitoja sekä ennakoivaa ajattelua (Barth, Godemann & Stoltenberg, 2007; Crofton, 2000; de Haan, 2006; Rowe, 2007; Sipos, 2008). UNESCO:n mukaan kestävä kehityksen edistämiseksi keskeisiä ovat myös arvot ja erilaisten arvomaailmojen ymmärtäminen sekä kyky elinikäiseen oppimiseen (UNESCO Education Sector, 2005).

Kestävä kehityksen edellyttämät taidot ovat osittain samoja kuin tulevaisuustaidot (21st century skills), joiden katsotaan olevan välttämättömiä taitoja 2000-luvun työelämässä (Kivunja, 2014). Näille kahdelle jaottelulle yhteisiä oleellisia taitoja ovat kriittisen ajattelun taito, ongelmanratkaisukyky, kommunikaatiotaidot ja yhteistyötaidot, sekä luovan ajattelun taito. Kriittisen ajattelun taidon opettamista on pidetty jo 1980-luvulta lähtien korkeakouluopetuksen oleellisena osana (Halpern, 1999) ja se on todennäköisesti eniten tutkittu yksittäinen taito tai kompetenssi. Tästä huolimatta ajankohtainen on myös kysymys siitä, onko korkeakouluopettajilla riittävästi osaamista kriittisen ajattelun taidon opettamiseen (Janssen ym., 2019; Stedman & Adams, 2012). Wiek kollegoineen (2011) esittää muun muassa kriittisen ajattelun taidon peruskompetenssina, jonka perustalle erikoistuneemmat avainkompetenssit muodostuvat. Tavoista opettaa kriittisen ajattelun taitoa on suuri määrä tutkimuskirjallisuutta (Halpern, 1999; Kivunja, 2014; Pithers & Soden, 2000), ja selkeää näyttöä on myös siitä, että kriittistä ajattelua on aktiivisesti pyrittävä kehittämään opetusmetodeilla, sillä se ei kehity itsestään muiden opintojen ohessa (Heijltjes, van Gog, Leppink & Paas, 2014). Kivunja (2014) esittelee laajan määrän opetusmetodeja myös muille aiemmin tässä kappaleessa mainituille tulevaisuuden taidoille, ja nostaa esiin merkittävän tiedeyhteisön yksimielisyyden siitä, ettei näitä taitoja voi oppia tehokkaasti ilman niiden kehittämiseen tähtäävää opetusta.

Kestävän kehityksen integroiminen yliopisto-opetukseen vaatii yliopisto-opetukselta perinpohjaista muutosta. Ensinnäkin kestävän kehityksen ongelmat ovat monialaisia, mitä on vaikea toteuttaa yliopistojen perinteisessä tiedealoihin jakautuvassa toimintakulttuurissa. Perinteisten opetusmenetelmien, eli tietoa siirtävää, opettajakeskeistä opetusta ei pidetä tehokkaana keinona opettaa kestävän kehityksen laaja-alaisia ja ongelmanratkaisutaitoa vaativia sisältöjä. (Thomas, 2009)

Fenner, Ainger, Cruickshank ja Guthrie (2005) tarkastelevat kestävän kehityksen sisällyttämistä Cambridgen yliopiston teknillisen laitoksen opetukseen. Heidän mukaansa kestävän kehityksen tulisi olla mukana elimellisesti kaikissa koulutusohjelmissa, ei vain muutamana erillisenä valinnaisena kurssina (Fenner ym., 2005). Sterling (2004) puolestaan katsoo, että hienosäädön sijaan koko opetuskulttuurin tulisi muuttua kestävän koulutuksen mukaisesti. Cotton ja kollegat (2009) tekevät kuitenkin hieman maltillisemmän johtopäätöksen tutkimuksessaan, jossa kartoitettiin Plymouthin yliopiston luennoitsijoiden näkemyksiä kestävän kehityksen sisällyttämisestä opettamiseen. Kirjoittajat toteavat, että ihanteellista kestävän kehityksen mukaista opetusta, saattaa olla mahdoton toteuttaa onnistuneesti ainakaan lähitulevaisuudessa. Tästä johtuen toiseksi paras toteutus saattaa olla opetuksen kannalta lopulta parempi vaihtoehto. Toiseksi paras ratkaisu tarkoittaa käytännössä luennoitsijoiden tekemiä pieniä muutoksia aina kun se on mahdollista. Käytännön ongelmia ihannetilan saavuttamiseksi Cottonin ja kollegoiden (2009) tutkimuksessa mainitaan esimerkiksi suuret ryhmäkoot, jotka vaikeuttavat osan kestävän kehityksen ihanteen mukaisten opetusmenetelmien soveltamista. Kestävän kehityksen mukaisia opetusmenetelmiä esitellään tarkemmin seuraavassa alaluvussa.

Kestävän kehityksen opetukseen kuuluu aina myös kestävän kehityksen mukaiset arvot. Asenteet puolestaan perustuvat yksilön arvoihin, aihetta on tutkittu muun muassa ympäristöarvojen osalta (Wesley Schultz & Zelezny, 1999). Vaikka tieteellisen tiedon voidaan tuskin väittää olevan kokonaan arvoista vapaata, on faktojen opettamisen katsottu olevan vähemmän riskialtista, kuin arvojen opettamisen. Näin siksi, että faktojen ei katsota olevan peräisin opettajasta, kun taas arvot saattavat olla (Ashley, 2005). Arvojen välittäminen opetuksessa saatetaan mieltää indoktrinaatioksi, eli jonkin, esimerkiksi poliittisen, oppijärjestelmän siirtämiseksi opiskelijoille. Erityisesti luonnontieteiden katsotaan perustuvan empiiriseen faktatietoon, jolloin arvopohjaisten tai poliittisina

pidettyjen päämäärien katsotaan istuvan huonosti sen agendaan. Tällaiseen ajatteluun viittavia kommentteja nousi esiin sekä Cottonin, Warrenin, Maiborodan ja Baileyn (2007) että Christien, Millerin, Cooken ja Whiten (2015) tutkimuksissa. Lisäksi arvojen välittäminen opetuksessa on nähty myös ongelmalliseksi akateemisen ajattelun vapaudelle, itsenäisyydelle ja monimuotoisuudelle (Wals & Jickling, 2002).

Kuten jo edellä mainittiin, Cotton kollegoineen on tutkinut Englantilaisen Plymouthin yliopiston opettajakunnan näkemyksiä, asenteita ja toteutustyyliä liittyen kestävän kehityksen opetukseen (Cotton ym., 2007, 2009). Plymouthin yliopisto on omien sanojensa mukaan sitoutunut edistämään kestävän kehityksen sulauttamista korkeakouluopetukseen. Tutkimuksessaan Cotton ja kollegat (2009) nimesivät kolme haastetta kestävän kehityksen sisällyttämisessä opetukseen sekä kolme tapaa, joilla yliopiston opetushenkilökunnan edustajat olivat kestävän kehityksen opetusta toteuttaneet. Kestävän kehityksen opetukseen sisällyttämisen haasteista ensimmäinen oli, että kestävän kehityksen sisällöt eivät ole relevantteja opettavan aineen kannalta. On toki selvää, että kestävä kehitys on hyvin laaja-alainen käsite ja sen relevanssi eri tieteenalojen kannalta on hyvin vaihtelevaa. Cotton ja kollegat havaitsivat kuitenkin, että relevanssin kokeminen liittyi suurelta osin myös opettajan omiin asenteisiin, joskin myös aihealueeseen, jota he opettivat. Jos opettajan asenne kestävästä kehitystä kohtaan oli erittäin positiivinen, hän saattoi nähdä monia mahdollisuuksia kestävän kehityksen sisältöjen sisällyttämiseen opetuksessa, vaikka hänen edustamansa tieteenalalla olisi hyvin heikosti suoraa yhteyttä kestävän kehityksen sisältöihin. (Cotton ym., 2009)

Myös Christie ja kollegat (2013) tutkivat yliopistojen opetushenkilökunnan asenteita ja opetusmetodeja ympäristökestävyyden osalta. Heidän australialaisilla yliopisto-opettajilla teettämänsä tutkimuskyselyn perusteella kaikkein vähiten relevantiksi opetussisällöksi ympäristökestävyyden kokivat luonnontieteellisten alojen opettajat. Luonnontieteilijät kokivat ympäristökestävyyden tavoitteena, eivätkä katsoneet sen sopivan opetukseen, joka perustui tieteellisesti todistettuihin ja koeteltuihin teorioihin, kuten kvanttifysiikkaan. Christie ja kollegat otaksuvat, että luonnontieteen tietoteoriaperusta saattaa olla ristiriidassa ympäristökestävyyden konseptin kanssa.

Cottonin ja kollegoiden (2009) tutkimuksen toinen ongelma oli ristiriita siinä, kuinka paljon kestävän kehityksen sisältöjen integroimisen opetukseen pitäisi olla ylhäältä ohjattua. Osa opettajista koki, että yliopiston johdon pitäisi tehdä selkeitä linjauksia siitä, että kestävä

kehitystä on sisällytettävä opetukseen. Toisaalta yliopisto-opettajilla on jo valmiiksi painetta lisätä opetukseensa aiheita, jotka eivät kuulu opetuksen varsinaiseen asiasisältöön, eikä tätä painetta ole syytä lisätä.

Kolmas Cottonin ja kollegoiden (2009) kirjaama haaste on ristiriita perinteisten ja kestävän kehityksen opettamiseen liittyvien pedagogioiden kanssa. Osa opettajista näki perinteisen luennoimisen parhaana opetusmenetelmänä aiheesta riippumatta, joskin myös täysin vastakkaisia näkemyksiä ilmeni. Lopputuloksena opettajat, joilla oli mahdollisuus opettaa pieniä ryhmiä, käyttivät jo aktiivisesti esimerkiksi roolileikkiä opetusmenetelmänä. Cotton ja kollegat huomauttavat kuitenkin, että on selvää, ettei aktiivisia ja oppijalähtöisiä opetusmenetelmiä käytetä kursseilla, joilla on useita satoja opiskelijoita. Christie ja kollegat (2013) havaitsivat niin ikään, ettei yliopisto-opetuksessa olla luovuttu perinteisestä pedagogiasta, joskin luentoihin ja tutoropetukseen oli otettu mukaan keskustelua ja kriittistä ajattelua.

Opettajat kuitenkin aktiivisesti pyrkivät lisäämään kestävän kehityksen sisältöjä opetukseensa mahdollisuuksien mukaan. Opettajat tekivät pieniä muutoksia opetukseen, milloin se oli mahdollista, pyrkivät lisäämään kestävää kehitystä ikään kuin opetuksen taustalle hienovaraisesti kontekstiksi tai kehykseksi. Lisäksi useat opettajat pitivät oman hyvän esimerkin näyttämistä äärimmäisen tärkeänä, esimerkiksi valojen sammuttamista luentosalista luennon päättyessä. Lopuksi tutkijat summaavat opettajien pienten muutosten opetuksessa olevan lopulta parempi vaihtoehto, kuin yritys sovittaa useimmat kestävän kehityksen mukaiset opetusmenetelmät esimerkiksi massaluennoille. (Cotton ym., 2009)

### 3.3 Kestävän kehityksen mukaiset opetusmenetelmät

Koska kestävän kehityksen ongelmat ovat luonteeltaan monimutkaisia ja laaja-alaisia, niiden ratkaisemisen katsotaan edellyttävän erilaista kykyä, kuin mitä perinteisesti on pyritty koulutuksella tarjoamaan. Koska kukaan ei tiedä, millainen kestävä tulevaisuus on, miten se lopulta saavutetaan ja minkälaisia ongelmia joudutaan tulevaisuudessa ratkaisemaan, on keskityttävä kehittämään kykyjä, eli avainkompetensseja, joilla näitä ongelmia voidaan ratkaista. Opetuksessa kompetenssien haasteena on se, että kompetensseja voidaan kyllä oppia, mutta niitä on vaikea opettaa (Barth ym., 2007).

Saadakseen valmiuksia kestävän tulevaisuuden rakentamiseen, oppijan tulisi kehittyä toimimaan monimutkaisissa tilanteissa, kantamaan vastuuta ja arvioimaan toimien eettisyyttä ja seurauksia. Kestävän kehityksen opiskeleminen on aina myös yhteiskunnallista oppimista ja oppimisen tulisi olla aktiivista toimintaa, eli oppijakeskeistä opettajakeskeisen sijaan (Erpenbeck & Rosenstiel, (2003) Bart ym., (2007) mukaan). Barth ja kollegat (2007) kuvaavatkin monitieteisen lähestymistavan ja itseohjautuvuuden suurimmiksi haasteiksi opetusmenetelmien muutoksessa.

Kestävän kehityksen mukaisen opetuksen tunnuspiirteitä ovat monitieteisyys; laaja-alaisuus, arvoperustaisuus; kriittiseen ajatteluun ja ongelmanratkaisuun kannustaminen; monien opetusmenetelmien, median ja aktiviteettien hyödyntäminen; päätöksen tekoon osallistumiseen rohkaiseminen sekä niin paikallisten kuin globaalienkin ongelmien huomioiminen (Hukle (2006) Thomasin mukaan (2009)). Samoja piirteitä suositellaan myös kestävän kemian opetukseen (Burmeister ym., 2012).

Sterling (2004) sekä Cotton ja Winter (2010) viittaavat molemmat Van den Borin ja kollegoiden listaan (taulukko 3), joka käsittelee kestävän kehityksen mukaisen opetuksen muutosta perinteiseen nähden. Cottonin mukaan kehitys vaatii huomattavaa muutosta ajattelussa ja toiminnassa (Cotton & Winter, 2010)

Taulukko 3: Suomennos Sterlingin (2004) taulukosta, joka on mukaelma Van den Bor et al. 2000 taulukosta (Sterling, 2004; Cotton ja Winter, 2010)

<b>Kestävän kehityksen mukainen opetuksen muutos perinteiseen nähden:</b>	
<b>Tästä:</b>	<b>Tähän:</b>
Tietoa välittävä opetus	Omien havaintojen kautta oppiminen
Opettajakeskeinen lähestymistapa	Oppijakeskeinen lähestymistapa
Yksilön oppiminen	Kollektiivinen oppiminen
Teoriapainotteinen oppiminen	Praktinen oppiminen, joka yhdistää teorian ja käytännön
Keskittyy tiedon kasaamiseen ja sisältöön	Keskittyy omaehtoiseen oppimiseen ja tosielämän tilanteisiin
Keskittyy kognitiiviseen ulottuvuuteen	Keskittyy kognitiiviseen, affektiiviseen ja taito-osaamiseen
Institutionaalista opetusta opetushenkilökunnan johdolla	Henkilökunnan lisäksi ulkopuolisten kanssa ja ulkopuolisilta oppimista
Matalan kognitiivisen tason oppimista	Korkean kognitiivisen tason oppimista



Aktiivisten ja oppijakeskeisten opetusmenetelmien käyttö kestävän kehityksen opetuksessa tukevat useat tutkimukset. Tutkimusperustainen, ongelmalähtöinen ja yhteistyössä toteutettu oppiminen edistävät korkeamman tason oppimista ja ajattelun taitojen kehittymistä (Shephard, 2008; Thomas, 2009). Ongelmaperustainen opetus kehittää kriittisen ajattelun taitoa perinteistä opetusmenetelmiä tehokkaammin (Ozturk, Muslu ja Dicle, 2008). Koska kompetenssien oppimista voidaan kontrolloida vain tiettyyn rajaan asti, oppijan on otettava itse vastuuta oppimisestaan, eli opittava myös oppimisen taitoja (Barth ym., 2007). Käänteisen opetuksen on havaittu kehittävän metakognitiivisia ja yhdessä oppimisen taitoja (van Vliet ym., 2015). Cotton ja Winter listaavat 12 opetusmenetelmää (taulukko 4), jotka soveltuvat hyvin kestävän kehityksen opetukseen korkeakoulutasolla (Cotton & Winter, 2010).

Cotton ja Winter (2010) myöntävät roolileikin tai simulaation opetusmenetelmänä aikaa vieväksi ja hankalaksi järjestää tehokkaasti. Opetusmenetelmän mahdollinen hyöty on heidän mukaansa mahdollisuus ymmärtää syvällisesti toisen osapuolen näkökulmaa. Väittelyn eduista opetusmenetelmänä on enemmän näyttöä varsinkin terveydenhuollon koulutuksen tutkimuskirjallisuudessa. Tutkimuksessaan Darby (2007) summaa väittelyn eduiksi opetusmenetelmänä, että se vaatii opiskelijoilta syvällistä perehtymistä aiheeseen ja relevantin informaation valikoimista ja yhdistämisestä, loogisten argumenttien ja näyttöön perustuvien mielipiteiden muodostamista, aktiivista kuuntelua ja oleellisten kysymysten esittämistä sekä subjektiivisten näkemysten erottamista näyttöön pohjautuvasta tiedosta. Väittely voi siis parhaimmillaan kehittää kriittisen ajattelun taitoa, mutta myös erittäin tärkeitä kommunikaatiotaitoja. Kommunikaatiotaidot olivat Lawlorin (2017) tutkimuksen mukaan yhteistyötaitojen ohella yritysjohtajien mukaan tärkeimpiä taitoja, joita työelämään siirtyviltä yleensä uupuu.

Taulukko 4: Kestävän kehityksen opetukseen soveltuvia opetusmenetelmiä (Cotton ja Winter, 2010).

<b>Roolileikki tai simulaatio</b>	Auttaa oppijaa samaistumaan ja saamaan syvällistä ymmärrystä toisen henkilön perspektiivistä, eli erilaisista arvoista ja intresseistä.
<b>Ryhmäkeskustelu</b>	Ryhmäkeskustelun avulla voidaan tuoda esiin laajalti erilaisia näkemyksiä.
<b>Stimuloiva aktiviteetti</b>	Esimerkiksi kuvasarjojen, videoiden tai lehtiartikkeleiden katselu ja tutustuminen keskustelun tai pohdinnan herättämiseksi. Mahdollistaa useiden näkökulmien esiintuomisen kriittisen analyysin kohteeksi.
<b>Oman kehityksen suunnitleminen</b>	Oppija suunnittelee ja reflektoi omaa oppimistaan ohjatusti, esimerkiksi oppimispäiväkirjan avulla.
<b>Väittely</b>	Vaatii oppijalta tiedon hakua ja argumenttien muodostamista. Väittelyssä on mahdollista myös asettua erilaisten arvojen edustajien asemaan ja tarkastella asetelmaa monelta kantilta.
<b>Tapaustutkimus</b>	Todelliseen ongelmaan liittyvä projekti, esimerkiksi tutkimusprojekti tai tuotantoprosessin suunnittelu. Mahdollisesti suoritetaan yhteistyössä yrityksen kanssa. Antaa kokonaiskuvan asiasta, holistinen näkökulma. Mahdollista painottaa erilaisia taitoja, kuten itsereflektiota, tutkimusta, aktiivisuutta ja osallistumista.
<b>Kriittinen lukeminen ja kirjoittaminen</b>	Oppija oppii tunnistamaan erilaisia mahdollisia motivaatioita, joita kirjoittajalla on. Kehittää kriittistä ajattelua. Erilaisten näkökulmien kautta argumentointi auttaa hahmottamaan erilaisia arvomaailmoja ja jopa hahmottelemaan erilaisia tulevaisuudennäkymiä.
<b>Ongelmaperustainen oppiminen</b>	Edellyttää ongelman määrittelyä ja tiedonhakua siihen liittyen, oppijat voivat muodostaa erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ja vertailla mahdollisia ratkaisuja ja suunnitelmia niiden toteuttamiseksi. Suunnitelmat voidaan joissain tilanteissa myös toteuttaa. Työtä seuraa arviointi/itsearviointi ja reflektio.
<b>Hyvän käytännön mallintaminen</b>	Opettaja käyttäytyy mallikelpoisesti, kuten sammuttaa valot ym. Tässä yhteydessä ehkä enemmän voisi ajatella hyvien malliesimerkkien kertomista ja mahdollisesti oman tutkimuksen käyttämistä esimerkkinä, jos se sellaiseksi sopii.
<b>Kriittinen tapaus</b>	Opiskelijoille esitetään jokin kestävään kehitykseen liittyvä tilanne ja opiskelijoiden tulee pohtia: mitä he tekisivät, mitä heidän voisivat tehdä ja mitä heidän tulisi tehdä. Tämä tehtävä liittyy oman perspektiivin ja toiminnan merkitykseen ja sen moraaliseen ja eettiseen arviointiin.
<b>Reflektioiva katsaus</b>	Opiskelija pohtii omaa asemaansa ja uuden kestävään kehitykseen liittyvän tietonsa valossa. Näin hän voi lisätä ymmärrystä siitä, miten yksilön teot vaikuttavat kestävään tulevaisuuden rakentamiseen.
<b>Kenttätutkimus</b>	Yleensä ulkona järjestettävä omaan lähiympäristöön liittyvä tosielämän tutkimusprojekti. Auttaa opiskelijaa ymmärtämään kestävä kehityksen merkitystä lähiympäristössä ja myös eri toimijoiden sidosryhmien perspektiivin kyseiseen ongelmaan.

## 4. Tutkimus

Tämä luku käsittelee tutkimuksen toteutusta. Ensin esitellään tutkimuskysymykset ja valittu tutkimusstrategia. Sen jälkeen esitellään aineistonkeruumenetelmä ja viimeiseksi, miten tuloksia on analysoitu ja kuinka tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan. Tutkimus on monimenetelmällinen tapaustutkimus. Aineistonkeruumenetelmänä käytettiin tutkimuskyselyä.

### 4.1 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tarkoitus on luoda yleiskuva kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän osaamisen opetuksen tilasta tietojen, taitojen ja asenteiden osalta tämän hetken Suomen kemianalan yliopisto-opetuksessa sekä siitä, miten opetusta tulisi edellä mainittujen valossa kehittää. Tutkimusta ohjattiin seuraavilla tutkimuskysymyksillä:

1. Miten kasvihuonepäästöjen vähentämiseen tähtäävän osaamisen kehittymistä tuetaan kemianalan yliopisto-opetuksessa?

1.1 Miten kasvihuonepäästöihin liittyvät sisällöt esiintyvät kemian kursseilla yliopisto-opetuksessa?

1.2 Millaisia opetusmenetelmiä yliopistojen kemianalan koulutusohjelmien opetushenkilökunnan edustajat ovat valinneet kursseilleen?

1.3 Miten kemianalan opettajat suhtautuvat kestävä kehityksen ratkaisujen edellyttämien taitojen kehittymisen edistämiseen yliopisto-opetuksessa?

1.4 Miten yliopistojen kemianalan opetushenkilökunnan edustajat suhtautuvat opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamiseen?

2. Miten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvää opetusta tulisi kehittää?

Myöhemmissä osissa tutkimuskysymyksiin viitataan lyhenteillä TK 1, TK 1.1 ja niin edelleen.

## 4.2 Tutkimusstrategia: Monimenetelmällinen tapaustutkimus

Tapaustutkimus on varsin laajasti käsitettävä tutkimusstrategia, jonka kohteena on yksittäinen tapaus tai pieni määrä toisiinsa suhteessa olevia tapauksia (Eriksson & Koistinen, 2005). Sen ominaispiirteitä on ilmiöiden kuvailu tuottamalla yksityiskohtaista ja intensiivistä tietoa ja mahdollisuus kerätä aineistoa useilla eri metodeilla (Hirsjärvi ym., 2004). Erikssonin ja Koistisen mukaan useissa menetelmäoppaissa suositellaan käyttämään tapaustutkimusta lähestymistapana, jos yksi tai useampi seuraavista toteutuu (Eriksson & Koistinen, 2005; viittaavat esim. Yin, 2014):

- Mitä-, miten- ja miksi-kysymykset ovat keskeisiä.
- Tutkijalla on vain vähän kontrollia tapahtumiin.
- Aiheesta on tehty vähän empiiristä tutkimusta.
- Tutkimuskohteena on jokin tämän ajan elävässä elämässä oleva ilmiö.

Tapaustutkimukselle on mahdollista soveltaa monimenetelmällistä tutkimusotetta, eli käyttää vähintään yhtä laadullisen ja yhtä määrällisen tutkimuksen menetelmää samassa tutkimusasetelmassa, jolloin tutkimuksen kohdetta pystytään ehkä kuvaavaan laajemmin, kuin vain yhden menetelmän kautta (Eriksson & Koistinen, 2005). Tämän tutkimuksen aineistonkeruussa hyödynnettiin sekä määrällisiä että laadullisia osia, sillä tarkoituksena on luoda laaja-alainen kuva tällä hetkellä vallitsevasta tilanteesta. Kyselyn suljettujen kysymysten perusteella pyritään tekemään yleistyksiä tutkitusta joukosta perustuen aiempaan teoriaan, mikä kuuluu kvantitatiivisen tutkimuksen tavoitteisiin (Hirsjärvi ym., 2004). Avoimilla kysymyksillä pyritään puolestaan saamaan syvällisempi käsitys yksittäisen vastaajan kokemuksesta ja näkemyksestä aiheeseen liittyen, jotka eivät välttämättä ole sidoksissa taustateoriaan. Hirsjärven ja kollegoiden (2004) mukaan kvalitatiivisen tutkimuksen tyypillinen piirre on induktiivinen analyysi, jossa pyritään löytämään odottamattomia seikkoja aineistosta.

Eriksson ja Koistinen (2005) esittelevät kaksi erilaista jaottelutapaa tapaustutkimukselle sen tavoitteen ja tyypin perusteella. Toisen jaottelutavan mukaan tämä tutkimus on eksploratiivinen tapaustutkimus, sillä se pyrkii toimimaan esitutkimuksena, joka valaisee kenttää ja luo hypoteeseja laajemmalle ja yksityiskohtaisemmalle tutkimukselle. Toisen jaottelun mukaan tutkimus on ekstensiivinen tapaustutkimus, jonka Eriksson ja Koistinen kuvailevat seuraavasti: ”Tavoitteena on joko selittää ilmiöitä tai kehittää uutta teoriaa

käyttämällä empiirisenä materiaalina useita tapauksia ja niiden vertailua.” Sen vastakohtana on intensiivinen tapaustutkimus, jonka tarkoitus on syventyä tapauksen ainutlaatuisuuteen ja ymmärtää juuri tietyn tapauksen luonnetta ja lainalaisuuksia. Tässä tutkimuksessa tutkittava tapaus on Suomen yliopistojen kemianalan opetushenkilökunnan edustajat (professorit, yliopistolehtorit ym.), jotka toimivat yhden tai useamman kemianalan koulutusohjelmaan kuuluvan kurssin vastuupettajina. Tässä tutkimuksessa heihin viitataan yliopiston opetushenkilökuntana tai vastaajina.

#### 4.3 Aineistonkeruumenetelmät

Tutkimuksen tarkoitus on luoda laaja-alainen yleiskuva kemianalan yliopisto-opettajien toimista ja näkemyksistä. Siksi aineistonkeruumenetelmäksi valittiin strukturoitu menetelmä, joka pyrkii tavoittamaan mahdollisimman monta tutkittavan joukon edustajaa, eli kysely. Kysely lähetettiin yhdeksän suomalaisen yliopiston kemianalan opettajille. Tutkimus lähetettiin kaikille kemianalan opettajille aihepiirin erityiskurssien opettajien sijasta, sillä (1) haluttiin selvittää, käyttävätkö myös muiden kurssien opettajat aihepiiriä kontekstina opetuksessa ja (2) kartoittaa kaikkien kemianalan opettajien käyttämiä opetusmenetelmiä ja suhtautumista taitojen ja arvojen opettamiseen, sekä (3) on hyvin vaikea rajata alan erityiskurssit ja muuten aihealueeseen liittyvät kurssit erikseen.

Tutkimuskysely tehtiin Goolge Forms -alustalle, sillä se oli tutkijalle ennestään tuttu alusta. Kysely koostettiin suomeksi ja käännettiin englanniksi, jotta myös ei-suomenkieliset luennoitsijat saavat mahdollisuuden vastata. Kysely pyrittiin välittämään vastaajille tammikuun 2020 alusta yliopistojen opetuksesta vastaavien varadekaanien tai -johtajien välityksellä. Heille lähetettiin sähköpostilla linkki tutkimuskyselyyn saatetekstillä, jonka he välittivät yliopistonsa kemianalan opetushenkilökunnalle. Osaan opetushenkilökunnasta otettiin suoraan yhteyttä. Vastauksia kerättiin tammikuun ajan.

Tutkimuskysely koostui sekä suljetuista että avoimista kysymyksistä. Avoimien kysymyksien etuna on, että vastaajat saavat ilmaista itseään omin sanoin. Niiden avulla on mahdollista havaita, mikä on vastaajan ajattelussa keskeistä, millaisen tunnereaktion aihe synnyttää vastaajassa ja tunnistamaan vastaajan viitekehyksiä ja motivaatiotekijöitä. Lisäksi avoimet vastaukset voivat auttaa monivalintatehtäviin annettujen vastausten tulkintaa. Monivalintakysymysten etuja ovat puolestaan helppo vertailtavuus ja käsiteltävyys, ne

antavat vastaajalle valmiita vaihtoehtoja, sen sijaan että vastaajan pitäisi itse keksiä ja nimetä vaihtoehdot, jolloin vastaaminen on helpompaa. (Hirsjärvi ym., 2004)

Suljetut kysymykset olivat välimatka-asteikollisia, dikotomisias tai järjestysasteikollisia.

#### 4.3.1 Tutkimuskysely

Kysely koostui seitsemästä osiosta ja siinä oli yhteensä 34 kysymystä. Kyselyyn vastaamisen arvioitiin kestävän noin 30 minuuttia. (Kysely suomeksi liite 4, kysely englanniksi liite 5.)

##### **Ensimmäinen ja toinen osio: esittely ja taustatiedot**

Ensimmäinen osio on saateteksti, jossa esitellään tutkimuksen tarkoitus ja vastausten anonymiteetti. Toisessa osiossa on 10 taustakysymystä, joista ensimmäisessä kysytään vastaajan yliopistoa monivalintakysymyksellä ja yhdeksässä muussa kartoitetaan taustatietoa vastaajan pitämästä tai pitämistä kursseista avoimilla kysymyksillä. Taustakysymysten tarkoitus oli antaa mahdollisuus verrata vastaajien vastauksia sen valossa, mihin tutkintoon kurssi kuuluu, minkä vuosikurssin opiskelijoille se suunnattu, kuinka paljon opiskelijoita kurssilla yleensä, onko kurssilla mahdollisesti myös sivuaineopiskelijoita ja kuinka suosittu kurssi on.

##### **Kolmas osio: opetuksen sisällöt**

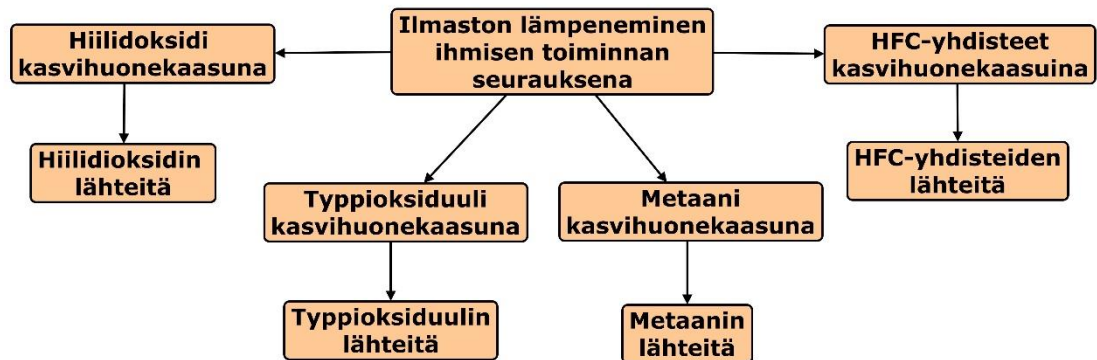
Kolmannella osiolla kerätään aineisto kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyviä sisältöjä käsittelevään tutkimuskysymykseen (TK 1.1). Osio sisältää neljä kysymystä, joista kolme on suljettuja ja yksi avoin.

Osion ensimmäinen kysymys (kysymys 11) on monivalintakysymys: ”Kuinka suuri on seuraavien aiheiden painoarvo opettamallanne kurssilla?”. Kysymyksessä on listattu 22 eri aiheita ja asteikkona on käytetty kuusiportaista välimatka-asteikkoa (0-5): ”0. Aihe ei esiinny kurssilla/kursseilla”, ”1. Aihe ei ole tärkeä”, ”2. Aihe hieman tärkeä”, ”3. Aihe on kohtalaisen tärkeä”, ”4. Aihe on tärkeä” ja ”5. Aihe on erittäin tärkeä”. Kysytyt aiheet valittiin DECHEMA:n selvityksen mukaan (Introzzi & Roskothén, 2017). Kyselyyn valittiin kuitenkin vain kemian teknologioiden ja teollisuusnäkökulmien karkeat yläluokat kuvan 4 mukaisesti, sekä yleistietoa ilmastonmuutoksesta ja Tilastokeskuksen

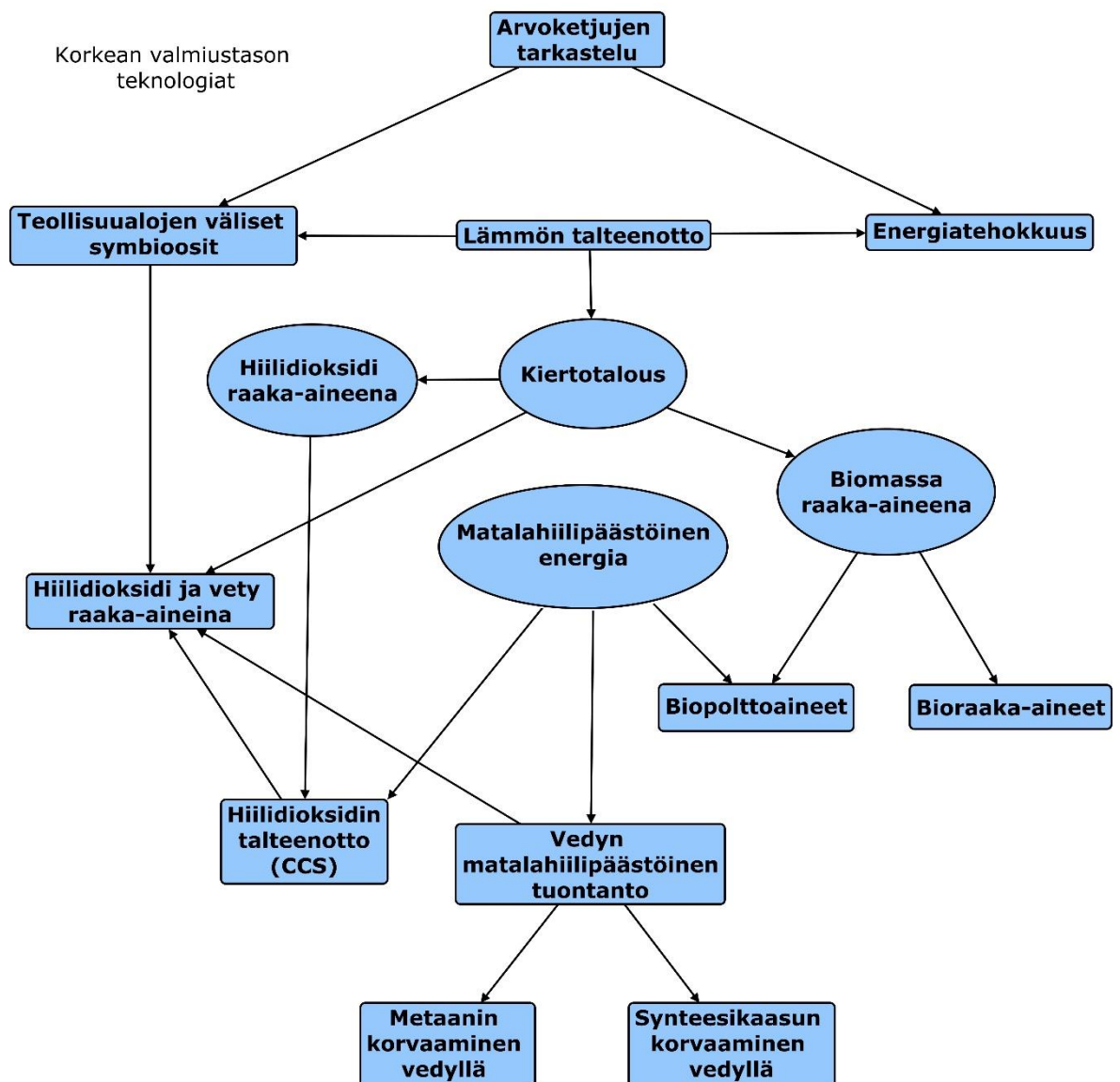
(Tilastokeskus, 2018b) mukaan Suomen merkittävimmät kasvihuonekaasut ja niiden lähteet (ks. tauluko 2 sekä kuvaajat 1 ja 2).

Kysymyksissä 12 ja 13 kysyttiin viisiportaisella välimatka-asteikolla kuinka tärkeänä vastaajat pitävät kysymyksessä 11 lueteltuja sisältöjä opiskelijoiden tulevaisuuden kannalta (kysymys 12), ja kuinka tärkeinä he arvelevat opiskelijoiden pitävän kyseisiä aiheita (kysymys 13). Kysymys 14 on avoin, ja sen tarkoituksena on kartoittaa muita mahdollisia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyviä aiheita, joita ei mainita listassa mutta vastaajat käsittelevät kursseillaan.

Yleistä tietoa  
ilmastonmuutoksesta ja  
kasvihuonekaasuista



Korkean valmiustason  
teknologiat



Kuva 4: Tutkimuskyselyyn valitut sisällöt, joiden painoarvoa kysyttiin.



### **Neljäs osio: opetusmenetelmät**

Kyselylomakkeen neljännellä osiolla kerätään aineisto opetusmenetelmiä käsittelevään tutkimuskysymykseen (TK 1.3). Osio sisältää kahdeksan kysymystä (15–22), joista 4 on suljettuja ja 4 avoimia.

Kysymys 15 on monivalintakysymys, jossa vastaajat arvioivat miten paljon he käyttävät mainittuja opetusmenetelmiä. Asteikkona käytettiin viisiportaista välimatka-asteikkoa 1–5: ”En lainkaan”, ”Vähän”, ”Jonkin verran”, ”Paljon” ja ”Hyvin paljon”. Kysytyt menetelmät valittiin Cottonin ja Winterin (2010) suosittelemista opetusmenetelmistä (ks. taulukko 4). Taulukon opetusmenetelmistä jätettiin pois kriittinen tapaus, refleктоiva katsaus sekä kenttätutkimus. Kriittinen tapaus ja refleктоiva katsaus jätettiin pois, sillä niiden katsottiin liittyvän heikosti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyviin aiheisiin kemianalan ammattilaisen näkökulmasta. Kenttätutkimuksen puolestaan katsottiin olevan liian samankaltainen tapaustutkimuksen tai ongelmalähtöisen oppimisen menetelmien kanssa, jolloin sen mukanaolo olisi turhaan hankaloittanut vastaamista. Ryhmäkeskustelu jaettiin pienryhmissä tai koko kurssin kesken käytävään keskusteluun ja lisäksi mukaan otettiin käänteinen opetus (tai käänteinen luokkahuone) -opetusmenetelmä.

Kysymykset 16–18 ovat avoimia. Niillä kartoitetaan, mitä opetusmenetelmää vastaajat käyttävät eniten (kysymys 16), mitä opetusmenetelmää he käyttäisivät tai käyttävät mieluiten (kysymys 17) sekä millaisia käytännön ongelmia he kokevat opetusmenetelmien valintaan liittyvän (kysymys 18). Näillä kysymyksillä oli tarkoitus kerätä tietoa siitä, millaisia opetusmenetelmiä kemian yliopisto-opetuksessa yleensä käytetään ja miten opettajat opetusmenetelmät valitsevat.

Kysymykset 19, 20 ja 22 ovat monivalintoja, joilla mitataan poikkitieteellisen yhteistyön ja ulkopuolisten toimijoiden kanssa toteutetun yhteistyön esiintymistä sekä vastaajien kursseilla että heidän edustamissaan koulutusohjelmissa. Kysymys 21 on avoin ja koskee sitä, ovatko kysymyksessä 20. mainitut projektit suosittuja opiskelijoiden keskuudessa.

### **Viides osio: taidot**

Viidennellä osiolla kerätään aineisto kysymykseen TK 1.3, joka käsittelee vastaajien suhtautumista kestäväan kehitykseen liittyvien taitojen oppimisen edistämiseen yliopistokoulutuksessa. Osiossa on neljä kysymystä, joista kolme on suljettuja ja yksi avoin.

Ensimmäinen on monivalintakysymys (kysymys 23), jolla kartoitetaan opettajien suhtautumista lueteltujen taitojen oppimisen edistämiseen: ”Pyrittekö asiasisältöjen lisäksi opettamaan/kehittämään jotakin seuraavista taidoista?” Asteikkona käytettiin järjestysasteikkoa, jossa on neljä vastausvaihtoehtoa: ”En tiedä miten tämän taidon omaksumiseen voisi myötävaikuttaa.”, ”En kiinnitä tämän taidon oppimiseen huomiota.”, ”Uskon tämän taidon kehittyvän yleisesti yliopisto-opiskelussa.” ja ”Pyrin edistämään tämän taidon oppimista opetusmetodeillani.” Kysytyt taidot valittiin Wiekin ym. (2010) tutkimuksesta. Taitojen osalta haluttiin pääasiassa kartoittaa, millainen on kemianalan yliopisto-opettajien suhtautuminen taitojen oppimisen edistämiseen ja onko taitojen kehittyminen opetuksen yksi päämäärä. Wiekin ym. tutkimuksesta valittiin selkeät ja melko yksiselitteiset taidot, jotka ovat kemianalan koulutuksen kannalta relevantteja. Jotta kysely ei paisuisi liian laajaksi, pois jätettiin taitoja, joita voi pitää osittain päällekkäisinä, kuten ennakoiva ajattelu ja tulevaisuuden skenaarioiden hahmottamisen taito. Myös taidot, joiden ymmärtäminen vaatisi laajempia määrittelyjä, jätettiin pois, kuten holistinen tai systeeminen ajattelu. Kyselyssä kysytyt taidot on esitetty taulukossa, joka löytyy työn liitteistä (Liite 3).

Osion toinen kysymys (kysymys 24) oli viisiportainen välimatka-asteikollinen kysymys, jossa kysyttiin kuinka tärkeänä vastaajat pitävät pyrkimystä kysymyksessä 23 lueteltujen taitojen kehittämiseen yliopisto-opetuksessa. Kolmannessa kysymyksessä (kysymys 25) kysyttiin, onko vastaajan mielestä mahdollista vaikuttaa kysymyksessä 23 lueteltujen taitojen kehittymiseen, vastausvaihtoehtoja on kolme: ”kyllä”, ”ei” ja ”jotakin mainituista voi, toisia ei”. Osion viimeinen kysymys on puolestaan avoin ja sen tarkoitus on kartoittaa sitä, näkyykö pyrkimys taitojen oppimisen edistämiseen myös kurssiarvioinnissa.

#### **Kuudes osio: asenteisiin vaikuttaminen**

Kuudennella osiolla kerätään aineisto opettajien suhtautumista opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamiseen liittyvään tutkimuskysymykseen (TK 1.4). Osiossa on kolme suljettua kysymystä (kysymykset 27–29).

Kysymyksessä 27 kysytään, onko vastaajan mielestä mahdollista vaikuttaa opiskelijoiden asenteisiin yliopisto-opetuksessa. Vastausvaihtoedot ovat ”kyllä”, ”ei” ja ”en osaa sanoa”. Seuraavassa (kysymys 28) kysytään, onko vastaajan mielestä moraalisesti hyväksyttävää pyrkiä vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin yliopisto-opetuksessa. Vastausvaihtoedot

ovat samat kuin edellisessä kysymyksessä. Kolmannessa (kysymys 29) kysytään, pyrkiikö vastaaja vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin. Vastausvaihtoehdot ovat ”kyllä” ja ”ei”. Esimerkkinä käytetään opiskelijoiden asennetta ilmastonmuutoksen suhteen.

Tällä osiolla pyritään selvittämään alustavasti sitä, miten vastaajat suhtautuvat esimerkiksi ilmastonmuutoksen kaltaisen aiheen arvolatautuneeseen luonteeseen, jolla pyritään vaikuttamaan opiskelijoiden asennoitumiseen aihetta kohtaan.

Kuudennen osion englanninkielisessä käännöksessä kysymykset jätettiin epähuomiossa avoimiksi. Englanninkieliset avoimet vastaukset olivat kuitenkin ongelmattomasti sijoittaa suomenkielisen kyselyn suljettuihin luokkiin.

### **Seitsemäs osio: opetuksen kehittäminen**

Seitsemännellä osiolla kerätään aineisto yliopisto-opettajien osalta kysymykseen, miten yliopisto-opetusta tulisi kehittää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen osalta (TK 2). Osiossa on viisi kysymystä, joista ensimmäinen (kysymys 30) on suljettu ja neljä muuta (kysymykset 31–34) avoimia.

Kysymys 30 kartoittaa vastaajan näkemystä siitä, onko hänen edustamansa yksikön tai laitoksen opetus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen osalta riittävää. Vastausvaihtoehdot ovat: ”kyllä on”, ”se voisi olla kattavampaa”, ”ei, se ei ole riittävää” ja ”en osaa sanoa”.

Avoimet kysymykset liittyvät kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen kehittämiseen. Kysymyksessä 31 kysytään, mitä käytännön ongelmia opetuksen kehittämiseen liittyy aiheen osalta. Kysymyksessä 32 kysytään miten vastaaja parantaisi opetusta aiheen osalta, jos käytännön haasteita ei tarvitsisi huomioida. Kysymyksessä 33 kysytään samaa, kuin edellisessä, mutta käytännön haasteet huomioon ottaen. Kysymyksessä 34 kysytään, miten vastaajan mielestä yliopistot voivat parhaiten myötävaikuttaa kemianteollisuuden pyrkimykseen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.

#### 4.3.2 Tutkimuskohde

Vastauksia saatiin yhteensä 43. Vastaukset jakautuivat eri yliopistojen välillä taulukon 5 mukaisesti.

Taulukko 5

<b>Aalto-yliopisto</b>	<b>13</b>
<b>Helsingin yliopisto</b>	<b>5</b>
<b>Itä-Suomen yliopisto</b>	<b>3</b>
<b>Jyväskylän yliopisto</b>	<b>5</b>
<b>Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto</b>	<b>7</b>
<b>Oulun yliopisto</b>	<b>3</b>
<b>Tampereen yliopisto</b>	<b>2</b>
<b>Turun yliopisto</b>	<b>3</b>
<b>Åbo akademi</b>	<b>2</b>

Luonnontieteellisistä kouluista vastauksia tuli 18 ja teknillisistä 25. Merkittäviä tilastollisia eroja teknillisten ja luonnontieteellisten alojen opettajien vastauksissa ei havaittu. Vastaajien pitämät kurssit jaettiin karkeasti kolmeen tyyppiin: kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvä erityiskurssi, kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen liittyviä aihealueita käsittelevä kurssi ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen suoraan liittyvät kurssit. Jaottelu on siksi karkea, että osa opettajista piti useaa kurssia, joten luokitus tehtiin sen perusteella, onko joukossa jompaakumpaa kahdesta ensimmäisestä vaihtoehdosta. Aihepiirin erityiskurssia pitäviä vastaajia oli mukana 6, aihealueen teemoihin liittyviä kursseja pitäviä vastaajia oli 14 ja aihepiiriin suoraan liittymättömiä kursseja pitäviä vastaajista oli 23 (taulukko 6).

Taulukko 6

Luonnontieteellinen (18)			Teknillinen (25)		
Aihepiirin erityiskurssi	Aihepiiriin liittyvä kurssi	Muu kurssi	Aihepiirin erityiskurssi	Aihepiiriin liittyvä kurssi	Muu kurssi
1	5	12	5	9	11

#### 4.4 Tulosten käsittely ja analyysi

Tuloksia käsitellään sekä kvantitatiivisen analyysin, että kvalitatiivisen sisällönanalyysin keinoin. Kvantitatiivinen analyysi on toteutettu kuvailevan tilastollisen analyysin keinoin. Avoimien kysymysten vastauksista on tehty aineistolähtöinen sisällönanalyysi.

Sisällönanalyysillä pyritään luomaan aineistosta selkeä ja sanallinen kuvaus, tiivistämällä sisältö ilman, että oleellista informaatiota kadotetaan. Oleellisen informaation valitseminen on onnistuneen analyysin tekemisen lähtökohta. Aineistosta valittava huolellisesti asiat, jotka ovat tutkimuksen kohteena. Valitut asiat koodataan ja sanallinen muoto pelkistetään. Sen jälkeen havainnot luokitellaan, teemoitetaan tai tyypitellään. (Tuomi & Sarajärvi, 2009).

Analysointimetodina voidaan käyttää joko aineistolähtöistä, teoriaohjaavaa tai teorialähtöistä analyysia. Aineistolähtöisen analyysin lähtökohtana on tutkittava aineisto, jolloin analyysissä analyysiyksiköt muodostuvat aineistosta tutkimuksen tarkoituksen ja kysymyksenasettelun perusteella, eikä aiemmassa tutkimuksessa luotujen luokkien perusteella. Teoriaohjaavassa analyysissä teoria voi vaikuttaa analyysiin ja tulkintaan, mutta ei varsinaisesti ohjaa sitä suoraan, kuten teorialähtöisessä analyysimenetelmässä (Tuomi & Sarajärvi, 2009).

Aineistolähtöinen analyysi valittiin analyysimenetelmäksi, koska analyysiin soveltuvia aiemmin luotuja luokkia ei ole olemassa, sillä aihetta ei ole aiemmin tutkittu. Saman tyyppisiä kyselyitä on kuitenkin teetetty aiemmin kestävän kehityksen opetuksesta useiden tieteenalojen opettajille (Christie ym., 2013, 2015; Cotton ym., 2007, 2009). Jotkin tutkimuksen kysymyksistä ovat saman tyyppisiä kuin aiemmissa tutkimuksissa ja joidenkin kysymysten kohdalla on mielekästä vertailla joitakin vastauskategorioita.

Avointen kysymysten vastaukset analysoitiin ja vastaukset tyypiteltiin. Tulosten esittelyssä on ilmoitettu, kuinka monen vastaajan vastauksissa tietty vastaustyyppi esiintyi ja annettu kuvaava esimerkki kustakin vastaustyyppistä. Seuraavaksi esitellään esimerkki vastauksen tyypittelystä.

Viimeisessä osiossa oli neljä avointa kysymystä. Näistä ensimmäinen, eli kysymys, joka käsitteli opetuksen kehittämisen haasteita, käsiteltiin erikseen. Kolme viimeistä, jotka

käsittelivät opetuksen kehittämistä käytännön haasteet huomioimatta ja huomioiden, sekä yliopistojen roolia hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi, käsiteltiin yhdessä, sillä niiden vastaukset osuivat usein päällekkäin. Alla esimerkki kolmen viimeisen kohdan vastauksista vastaajalta 7.

(kysymys 32.): 7. *Ottaisin asian esille jokaisella kurssilla lyhyesti*

(kysymys 33.): 7. *Ottaisin asian esille mahdollisimman monella kurssilla*

(kysymys 34.): 7. *Opettamalla tulevaisuuden työntekijöitä tunnistamaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvät asiat ja ajattelemaan kriittisesti.*

Vastaajan vastauksista on poimittu 3 eri vastaustyyppiä: aihepiiri on mukana läpäisevästi tutkinnossa; ehdotus siitä millainen opetus on tärkeää (kasvihuonekaasujen vähentämiseen liittyvien asioiden tunnistaminen); taidon oppiminen tärkeää. Lisäksi tässä vastauksessa näkyy, että vastaaja kokee käytännön rajoitukset opettamisen kehittämisessä merkittäviksi, koska vastausten kysymyksiin 32. ja 33. välillä on eroa. Vastaaja näkee myös opetuksen yliopistojen merkittävimpana tapana vaikuttaa kemianteollisuuden hiilineutraalisuustavoitteeseen.

Suljettuja eli strukturoituja kysymyksiä pyrittiin käsittelemään tilastollisen analyysin keinoin. Riippuvuutta koulutyyppin (teknillinen vai luonnontieteellinen), kurssityypin (onko ilmastoasioiden erityiskurssi, aihepiiriin liittyvä kurssi tai ei aihepiiriin liittyvä kurssi) sekä kyselyyn valittujen aiheisältöjen tärkeyttä mittaavan kysymyksen vastauksia verrattiin opetettavien sisältöjen painottamiseen, opetusmenetelmien käyttöön sekä asennoitumiseen taitojen kehittämiseen. Koska jakaumat eivät olleet normaalijakautuneita, käytettiin ei-parametrisia Mann Whitneyin u-testiä ja Kruskal-Wallis testia.

Välimatka- ja järjestysasteikollisista kysymyksistä luotiin pylväsdiagrammiesitykset. Eri sisältöjen painoarvoa kartoittavan kysymyksen (kysymys 11) vastaukset muokattiin kuusiportaisesta asteikosta kolmiportaiseksi siten, että vastausvaihtoedot 1 ja 2, 3 ja 4 sekä 5 ja 6, yhdistettiin. Kolmiportaisiksi muokatut vastaukset esitettiin kahtena pylväsdiagrammina, joista ensimmäisessä on esitetty kaikki saadut vastaukset ja toisessa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyviä teemoja käsittelevien kurssien ja aihealueen erikoiskurssien opettajien vastaukset. Opetusmenetelmien käyttöä kartoittavan

välimatka-asteikollisen kysymyksen (kysymys 15) viisiportaiset vastausvaihtoehdot muokattiin kolmiportaisiksi siten, että luokat 2 ja 3 sekä 4 ja 5 yhdistettiin. Taitojen oppimista edistämistä kartoitettavan, järjestysasteikollisen kysymyksen (kysymys 23) vastaukset esitettiin sekä taitokohtaisena pylväsdiagrammina että kunkin vastausvaihtoedon yhteenlasketut osuudet kaikkien taitojen osalta palkkikaaviona.

#### 4.5 Luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat merkittävästi mittauksen *validiteetti* ja *reliabiliteetti*. Reliabiliteetti voidaan karkeasti määritellä mittarin luotettavuudeksi ja toistettavuudeksi, se kertoo miten tarkasti mittari mittaa haluttua ominaisuutta. Validiteetti puolestaan kertoo, mittaako mittari sitä, mitä sillä on tarkoitus mitata ja se on ensisijaisen tärkeä, sillä reliabiliteetilla ei ole merkitystä, jollei onnistuta mittamaan haluttua asiaa. (Vehkalahti, 2019)

Reliabiliteetti kuvaa satunnaisia virheitä, joita vastaamisessa voi syntyä esimerkiksi, jos vastaaja ei ymmärrä kysymystä oikein, ei muista kysyttyä tilannetta oikein tai antaa tahallaan virheellistä tietoa. Vastaajat voivat myös tulkita kysymyksiä ja vastausvaihtoehtoja eri tavoilla. Lukemattomat seikat voivat vaikuttaa vastaajaan, kuten mielentila, vuorokauden aika ja monet muut ympäristötekijät. Reliabiliteettia voidaan tutkia tilastollisesti esimerkiksi Cronbachin Alfa-kertoimella, mutta se vaatisi saman asian mittaamista usealla mittarilla (Vehkalahti, 2019). Reliabiliteettia ja validiteettia voi lisätä myös tutkijatriangulaatiolla, mikä tarkoittaa, että tutkimukseen osallistuu useampi tutkija esimerkiksi analysoimalla samat tulokset (Hirsjärvi ym., 2004). Luotettavuutta voidaan lisätä myös testaamalla kysely ennen sen käyttämistä. Tämän tutkimuksen testasi yksi kemian opettajayksikön kurssiopettaja. Tässä kyselyllä mitattavia asioita oli niin monta, ettei samaa kysymystä kysytty useammalla suljetulla kysymyksellä, jottei kysely venyisi liian pitkäksi, myöskään toista tutkijaa ei ollut käytettävissä tulosten analysointiin. Luotettavuutta pyritään lisäämään myös esittelemällä tutkimuksen toteutus mahdollisimman tarkasti.

## 5. Tulokset

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tulokset tutkimuskysymyksiin perustuvan jaottelun mukaisesti.

### 5.1 Sisällöt

Vastaajat pitivät kasvihuonekaasupäästöihin liittyviä aiheita yleisesti tärkeinä opiskelijoiden tulevaisuuden kannalta. Muut kasvihuonekaasut kuin hiilidioksidi ja vetytalouteen liittyvät aiheet olivat yleisesti muita vähäisemmällä painoarvolla opetuksessa esiintyviä aihealueita.

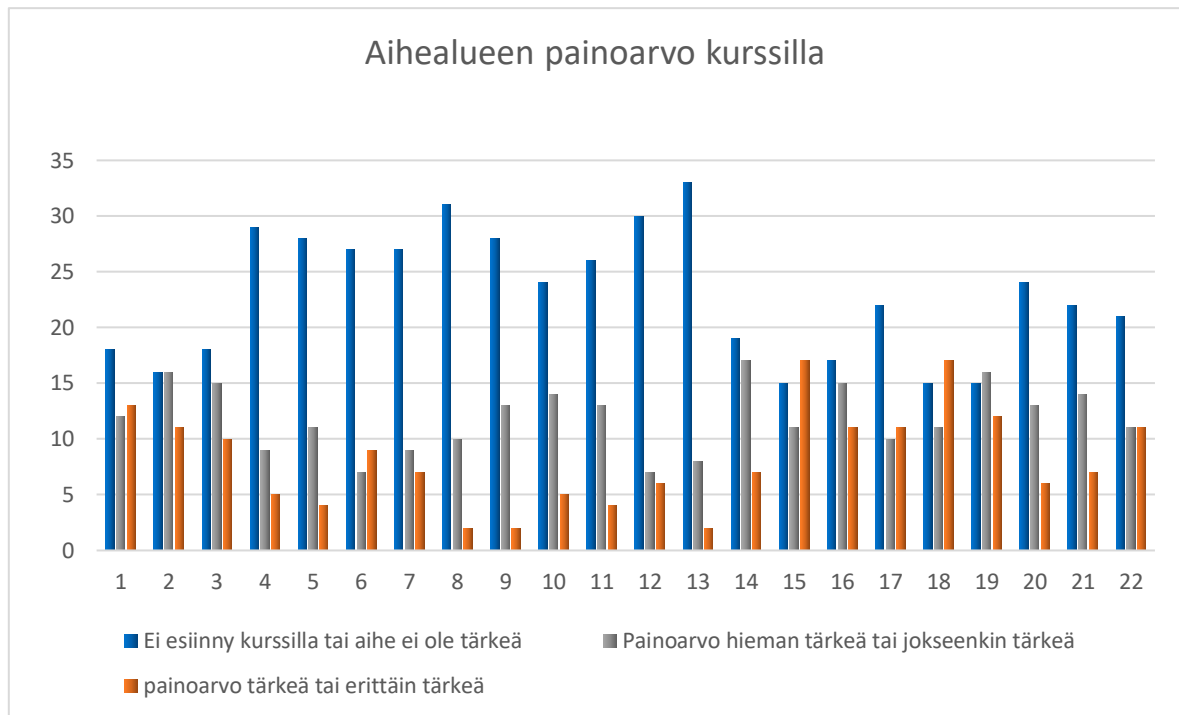
Kysymyksessä 11. kysyttiin, kuinka suuri on lueteltujen aiheiden (taulukko 7) painoarvo kurssilla. Kurssien painoarvojen havaittiin korreloivan kurssityypin kanssa siten, että luetellut aiheet saivat enemmän painoarvoa aihepiirin erityiskursseilla, kuin kursseilla, jotka eivät liittyneet aihealueeseen. Tämän takia aihealueiden painoarvoa vertailtiin sekä kaikkien vastanneiden kesken (kaavio 3), että aihealueen erityiskurssien ja aihealueen teemoihin liittyvien kurssien osalta (kaavio 4).

Kaikkien vastaajien kohdalla bioraaka-aineet (15) ja kiertotalous (18) saivat selvästi eniten suuren painoarvon vastauksia (kaavio 3). Seuraavaksi eniten painoarvoa saivat energiatehokkuus (19), biopolttoaineet (16) ja ilmaston lämpeneminen ihmisen toiminnan seurauksena (1). Vähiten painoarvoa annettiin vetytalouteen liittyville aiheille (11-14)) sekä metaanin, dityppioksidin ja HFC-yhdisteiden vaikutuksille ja lähteille (4-9).



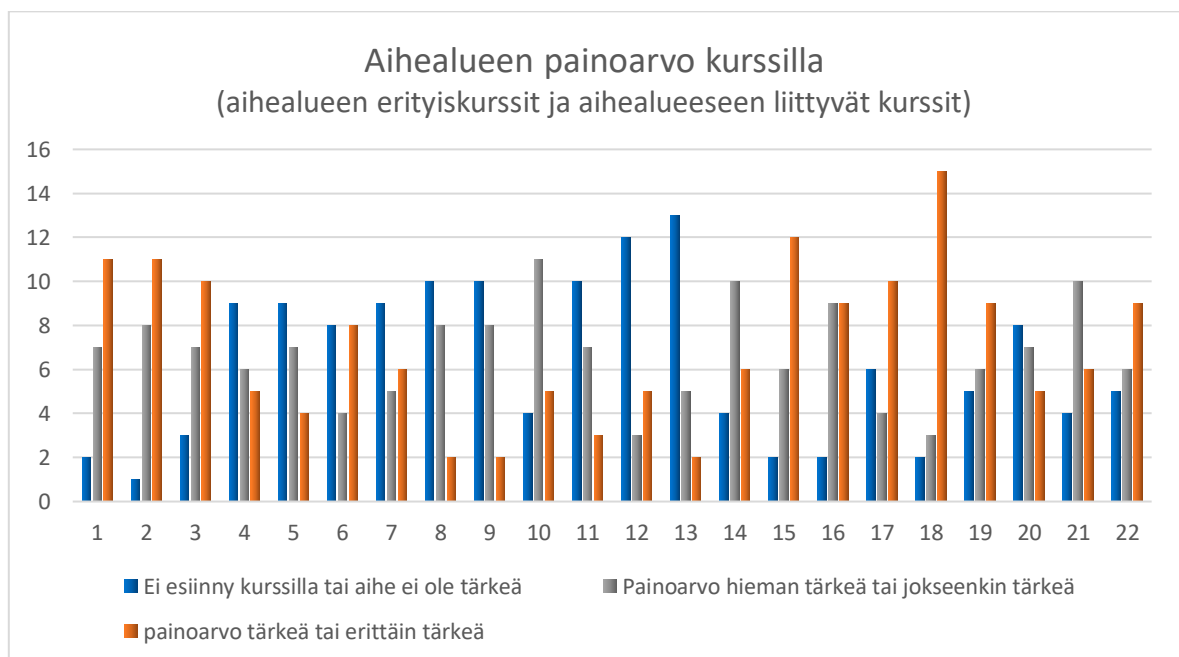
Taulukko 7: Kysymyksen 11. opetussisällöt

<b>11. Kuinka suuri on seuraavien aiheiden painoarvo opettamallanne kurssilla?</b>	
<b>1.</b>	Ilmaston lämpeneminen ihmisen toiminnan seurauksena
<b>2.</b>	Hiilidioksidi kasvihuonekaasuna
<b>3.</b>	Hiilidioksidin lähteitä
<b>4.</b>	Dityppioksidi kasvihuonekaasuna
<b>5.</b>	Dityppioksidin lähteitä
<b>6.</b>	Metaani kasvihuonekaasuna
<b>7.</b>	Metaanin lähteitä
<b>8.</b>	HFC-yhdisteet kasvihuonekaasuina
<b>9.</b>	HFC-yhdisteiden lähteitä
<b>10.</b>	Hiilidioksidin talteenotto ja säilöminen (CCS)
<b>11.</b>	Vedyn matalahiilipäästöinen tuotanto
<b>12.</b>	Synteesikaasun korvaaminen vedyllä jossakin prosessissa
<b>13.</b>	Metaanin korvaaminen vedyllä jossakin prosessissa
<b>14.</b>	Hiilidioksidi ja vety lähtöaineina, esim. synteettiset polttoaineet
<b>15.</b>	Bioraaka -aineet
<b>16.</b>	Biopolttoaineet
<b>17.</b>	Matalahiilipäästöinen energia
<b>18.</b>	Kiertotalous
<b>19.</b>	Energiatehokkuus
<b>20.</b>	Lämmön talteenotto
<b>21.</b>	Teollisuusalojen väliset symbioosit
<b>22.</b>	Arvoketjujen tarkastelu



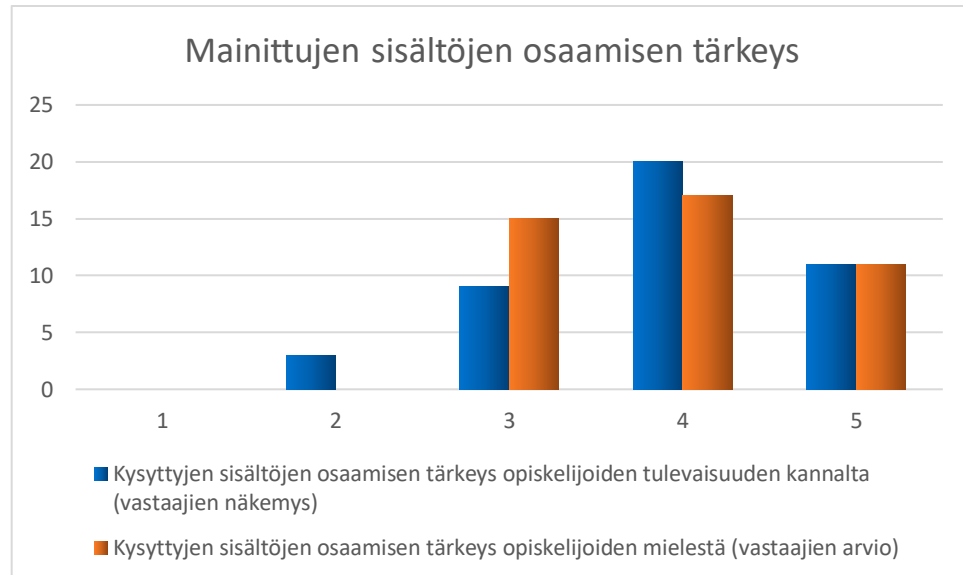
Kaavio 3: Tulokset kysymykseen: Kuinka suuri on seuraavien aiheiden painoarvo opettamallanne kurssilla?

Jos katsotaan vain aihealueen erityiskursseja ja aihealueen teemoihin liittyviä kursseja (kaavio 4), selvästi eniten suurella painoarvolla opetettu sisältö oli kiertotalous (18). Myös näiden kurssien kesken aiheena vetytalous on painoarvoltaan muita heikompi, lukuun ottamatta. aihetta 14 eli ”Hiilidioksidi ja vety lähtöaineina, esim. synteettiset polttoaineet”.



Kaavio 4: Tulokset kasvihuonekaasupäästöihin liittyvien erityiskurssien ja aihealueeseen liittyvien kurssien vastuupettajilta kysymykseen: Kuinka suuri on seuraavien aiheiden painoarvo opettamallanne kurssilla?

Suurin osa vastaajista pitivät kysymyksessä 11. lueteltuja sisältöjä tärkeinä opiskelijoiden tulevaisuuden kannalta ja toisaalta uskoivat opiskelijoiden pitävän aiheita myös tärkeinä. kaavio 5.



Kaavio 5: ”Vastaukset kysymyksiin: Kuinka tärkeänä pidät kysymyksessä 11. lueteltujen sisältöjen osaamista opiskelijoidenne ammattitaidon ja työllistymisen kannalta?” ja ” Kuinka tärkeänä uskotte opiskelijoiden pitävän kysymyksessä 11. lueteltujen sisältöjen opettamista opetusohjelmassa?”

Opettajilta kysyttiin avoimella kysymyksellä, käsittelevätkö he kurssillaan aihetta, joka ei ole annetussa listassa. Vastauksista nousi esiin, että vastaajat kokevat selvästi myös kemian perusosaamisen liittyvän kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, sillä ilman kemian perusosaamista ei voida kehittää toimivia ratkaisuja.

*”Kurssien tarkoitus on tuottaa syvällistä ymmärrystä ja vastauksia termodynamiikan ja kinetiikan kautta kaikkiin noihin kysymyksiin. Jokaista yksityiskohtaa ei siis käsitellä erikseen, mutta annetaan kykyä ymmärtää, mistä on kyse, myös niistä yksityiskohdissa. Itse pidän tätä vielä tärkeämpänä.” -v28*

*”Kurssi keskittyy termodynamiikkaan ja sen matemaattisiin menetelmiin. Ne ovat sovellettavissa mihin hyvänsä aiheista. Pitää ensin osata termodynamiikan kova ydin, jotta sitä voi soveltaa.”*

-v31

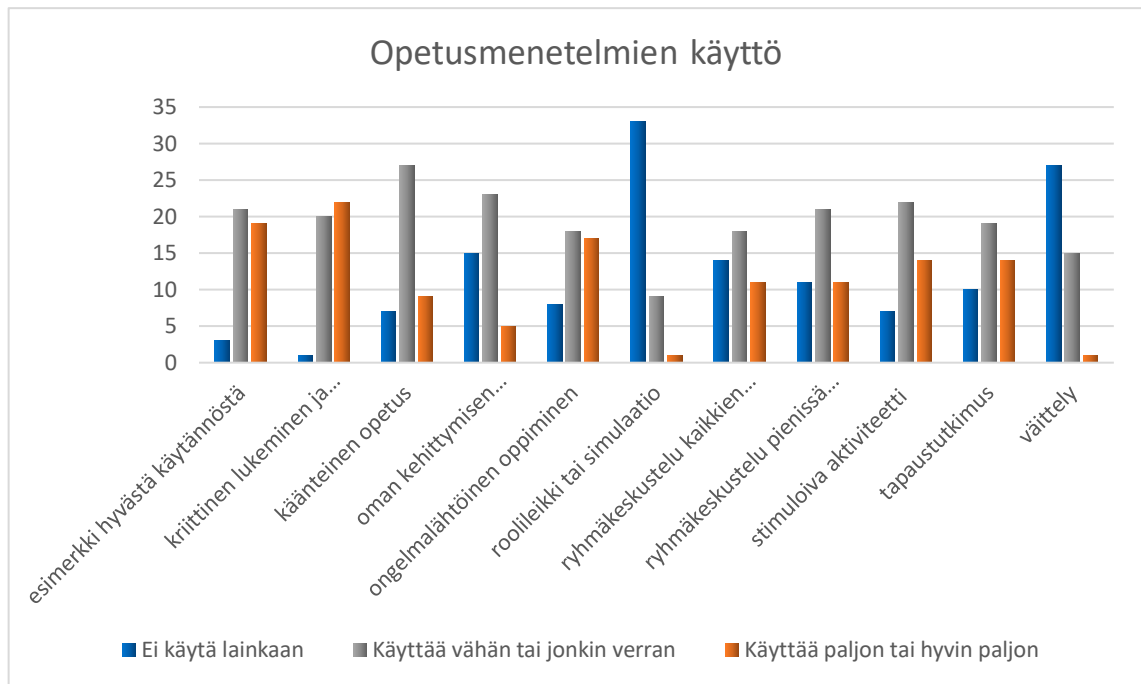
## 5.2 Opetusmenetelmät

Suuri osa vastaajista käyttää melko monipuolisesti eri opetusmenetelmiä, väittelyä ja roolileikkiä tai simulaatiota käytettään erittäin vähän.

Opetusmenetelmien käyttöä kysyttiin yhdellä (kysymys 15) välimatka-asteikollisella kysymyksellä, jossa kartoitettiin kuinka paljon opettajat käyttävät tiettyä opetusmenetelmää. Kaaviossa 6 on esitetty kysyttyjen opetusmenetelmien (taulukko 8) käytön yleisyyttä (kysymys 15). Selvästi on nähtävissä, että roolileikkiä ja väittelyä käytetään kaikkein vähiten. Suosituimpia ovat hyvänä esimerkkinä oleminen sekä kriittinen lukeminen ja kirjoittaminen. Lisäksi ongelmalähtöistä oppimista, stimuloivaa aktiviteettia ja tapaustutkimusta melko suuri joukko haastatelluista käyttää paljon tai hyvin paljon.

Taulukko 8: Kysymyksen 15 opetusmenetelmät

<b>15. Kuinka paljon käytätte seuraavia opetusmetodeja kurssillanne/kursseillanne?</b>	
<b>1.</b>	Esimerkki hyvästä käytännöstä, hyvänä esimerkkinä oleminen.
<b>2.</b>	Kriittinen lukeminen ja kirjoittaminen
<b>3.</b>	Käänteinen opetus (Opiskelijat tutustuvat ennen oppituntia opettavaan aiheeseen esimerkiksi videon ja tehtävien kautta.)
<b>4.</b>	Oman kehittymisen suunnitteleminen (Oppilas suunnittelee ja reflektoi omaa oppimistaan ohjatusti, esimerkiksi oppimispäiväkirjan avulla.)
<b>5.</b>	Ongelmalähtöinen oppiminen (Sisältää esimerkiksi ongelman määrittelyn ja tiedonhakua, ratkaisujen suunnittelua, vertailua sekä suunnitelmia niiden toteuttamiseksi ja mahdollisesti toteutus, arviointi tai itsearviointi)
<b>6.</b>	Roolileikki tai simulaatio (Roolileikissä voidaan esimerkiksi asettua vastakkaisiin intresseihin omaavan henkilön asemaan ja perehtyä hänen näkökulmaansa)
<b>7.</b>	Ryhmäkeskustelu kaikkien kurssille osallistujien kesken
<b>8.</b>	Ryhmäkeskustelu pienissä ryhmissä
<b>9.</b>	Stimuloiva aktiviteetti (esim. video, kuvasarja, lehtiutuinen tms.)
<b>10.</b>	Tapaustutkimus (Tosielämän ongelmaan liittyvä projekti, esimerkiksi tutkimusprojekti tai tuotantoprosessin suunnittelu.)
<b>11.</b>	Väittely



Kaavio 6: Vastaukset kysymykseen: Kuinka paljon käytätte seuraavia opetusmetodeja kurssillanne/kursseillanne?

Kolmella avoimella kysymyksellä, mitä opetusmenetelmää tai -menetelmiä he käyttävät eniten (kysymys 16), mitä opetusmenetelmää he käyttäisivät tai käyttävät mieluiten (kysymys 17) ja mitä ongelmia he kokevat opetusmenetelmien valintaan liittyvän (kysymys 18). Seuraavaksi on esitelty vastaajien vastauksia kysymykseen 16, jotka vastaajat ovat nimenneet eri tavoin, kuin kysymyksessä 15 luetellut menetelmät, tai laajempia yläkäsitteitä, kuten projektityöt, jotka kattavat erilaisia menetelmiä. Vastausten luokittelussa on otettu kaikki vastaukset huomioon.

Suurin osa (27 vastaajaa) ilmoitti yhtenä eniten käyttämistään opetusmenetelmistä luennoinnin, mutta vain 4 vastaajaa vastasi pelkästään luennoinnin yleisemmin käyttämäkseen opetusmenetelmäksi. Yleinen yhdistelmä oli luenointi ja harjoitukset ja/tai laboratoriotyöt (12 vastaajaa).

*”Perinteistä luennointia” -v6*

*“Luentoja, laskuharjoituksia ja laboratoriotöitä” -v35*

Ryhmätyöskentelyn käytetyimmäksi opetusmenetelmäksi ilmoitti 8 vastaajaa.

Projektitöitä, ryhmätöitä ja esityksiä yhteensä käytti eniten opetuksessaan 15 vastaajaa.

Keskustelua tai dialogia käytti 4 vastaajaa. Vastaajista 5 mainitsee aktivoivat menetelmät. Kun aktivointi ymmärretään toiminnaksi, joka aktivoi opiskelijoita luentojen aikana, eli ei siis harjoitustehtävien tai ryhmätöiden tekemistä, aktivoivia menetelmiä ilmoitti käyttävänsä opetuksessaan eniten 11 vastaajaa. Myös keskustelut on laskettu luennolla aktivoivaksi menetelmäksi.

*”Erilaisia materiaaleja ja niihin liittyviä aktivoivia kysymyksiä.” -v4*

*”Kontaktisessioissa opettajajohtoista opetusta ja luennolla tehtäviä välitehtäviä 20–30 min välein.” -v9*

Yksi vastaaja nosti esiin itse- ja vertaisarvioinnin. Oppijakeskeiset työtavat nousevat esiin kahden vastaajan vastauksissa.

*”Opiskelijat tekevät esityksiä joko annetuista tai heidän omista aiheistansa.” -v11*

Neljä vastaajaa mainitsi opetusmenetelmän, joka on kestävän kehityksen oppimishanteen mukaisia tai kestävän kehityksen mukaisia taitoja tai kompetensseja kehittävä, mutta eivät ole mukana kysymyksen 15 listassa.

*”Ryhmätyöskentelyä monialaisissa/monikulttuurisissa tiimeissä” -v10*

*”... nykytilanne vs. tulevaisuuspohdinta.” -v36*

Osa vastaajista ilmoitti käyttävänsä erittäin monipuolisia opetusmenetelmiä:

*”Luento, vierailevan asiantuntijan luento, sähköiset kyselyt (Quiz), opiskelijoiden me-we-us -kriittinen lukeminen ja terminologiakuvausten tekeminen (vuosien yli), laskutehtävät, tentti, tieteellisen artikkelin strukturoitu lukuharjoitus, ryhmäkirjallisuustyö, vierailu koulun ulkopuolella, jatkuva sähköinen arviointi tentin korvikkeena.” -v32*

Kysymyksessä 17 kysyttiin mitä opetusmenetelmää vastaaja käyttää tai käyttäisi mieluiten. Yhteensä 11 vastaajaa mainitsi menetelmän, joka esiintyi kysymyksessä 15. Vastaajista 5 merkitsi käänteinen opetus -menetelmän, heistä kaksi eivät käytä sitä lainkaan

opetuksessaan. Vastaajista 3 mainitsi tapaustutkimuksen tai ongelmalähtöisen oppimisen. Keskustelun mainitsi 3 vastaajaa. Itsearviointia haluaisi käyttää enemmän 1 vastaaja.

*”Käänteistä opetusta (käyttää mieluiten). Pidän sitä hyvin tehokkaana.” -v38*

Kysymyksessä 18 kysyttiin: mitä käytännön haasteita opetusmenetelmien valintaan liittyy. Neljä vastaajaa ei kokenut opetusmenetelmien valintaan liittyvän käytännön haasteita. Eniten mainittuja olivat vähäiset resurssit (13 vastausta), ajan puute (11 vastausta) ja suuret ryhmäkoot (9 vastausta).

*” Käytännön toteutuksen muuttaminen/kehittäminen vie valtavasti työaikaa, jota ei ole. Isojen opiskelijamäärien kursseilla käytettävissä olevat opetusresurssit eivät riitä pienryhmäohjaukseen. ” -v3*

Seuraavaksi yleisin syy oli opiskelijoiden osaamisesta johtuvat syyt. Ne mainitsivat 7 vastaajaa. Opiskelijoiden liiallisen kuormittumisen mainitsi 3 vastaajaa.

*”Suomalaisten ohut osaamisen taso, ulkolaisten opiskelijoiden huono englannin osaaminen. ” -v8*

*”Ensimmäisen vuoden kursseissa suuret opiskelijamäärät ja lyhyet periodit (6 vk + arviointijakso), jännittyneet ensimmäisen vuoden opiskelijat, monipuolisemman palautteen antaminen. Massa-aloituksen seurauksena 2. vuosikurssin opiskelijoiden opittu haluttomuus muuhun kuin perinteiseen opetustapaan (osallistumattomuus opetukseen, kurssiin kuuluvien esitehtävien tai miniprojektien tekemättömyys), labrojen sisältyminen teoriakurssiin, jolloin opiskelijoiden kuormittavuus kasvaa helposti liian korkeaksi ylimääräisillä tehtävillä. ” -v9*

*”Opiskelijoiden osallistamisen (opetusmetodien valintaan liittyvä haaste). Esimerkiksi käänteisen opetuksen haasteena on saada opiskelijat tekemään riittävästi töitä etukäteen. Ohjattu oppimispäiväkirja toimii, jos opiskelija kirjoittaa sitä säännöllisesti koko kurssin ajan. ” -v38*

Vastaajista kaksi mainitsi omat digitaidot ja yksi oman osaamisen yleensä, mikä on tulkittavaksi pedagogiseksi osaamiseksi.

Kysymykset 19, 20 ja 22 ovat suljettuja kysymyksiä, jossa kartoitetaan vastaajan kursseillaan teettämää poikkitieteellistä yhteistyötä, sekä vastaajan edustaman

koulutusohjelman yhteistyötä ulkopuolisten tahojen ja muiden tieteenalojen kanssa. Kysymys 21 on avoin ja koskee sitä, ovatko kysymyksessä 20. mainitut projektit suosittuja opiskelijoiden keskuudessa.

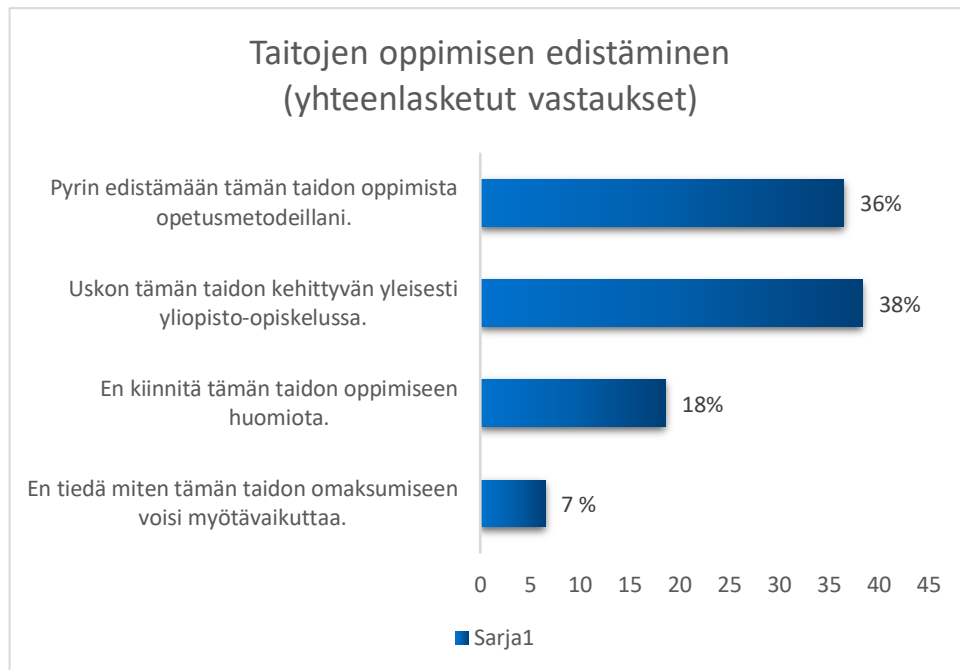
Kysymysten 19–22 osalta puolet opettajista ilmoitti teettävänsä opiskelijoillaan poikkitieteellisiä projekteja, ryhmitöitä tai vastaavaa. Opettajien vastausten perusteella suurimmassa osassa yliopistoissa järjestetään opettajan edustaman koulutusohjelman opiskelijoiden ja ulkopuolisten tahojen muuta yhteistyötä, kuin työharjoittelua, opinnäytetöiden ja vastaavien tekemistä. Opettajien edustamien koulutusohjelmien ja muiden tieteenalojen välisiä projekteja yliopiston sisällä järjestetään opettajien vastausten perusteella vain kahdessa yliopistossa, joista molemmat ovat teknillisiä korkeakouluja.

### 5.3 Taidot

Taitojen oppimista yliopisto-opetuksessa pidetään yleisesti tärkeänä, mutta usein vastaajat olettavat niiden kehittyvän itsestään yliopisto-opiskelun myötä.

Suhtautumista taitojen oppimisen edistämiseen opetuksessa kartoitettiin suljetulla järjestysasteikollisella kysymyksellä (kysymys 23), jonka tulokset on esitetty yhteenlaskettuina kaaviossa 7. Listattujen taitojen osalta yleisin (38%) vastaus oli ”uskon tämän taidon kehittyvän yleisesti yliopisto-opinnoissa”, joskin se oli vain kahdella prosenttiyksiköllä yleisempi, kuin vastaus ”pyrin edistämään tämän taidon oppimista opetusmetodeillani” (36%). Ero on siis käytännössä mitätön. Vain pieni vähemmistö vastaajista (7%) ei tiennyt, miten kyseisten taitojen oppimista voisi myötävaikuttaa ja vastaukset, joiden mukaan taidon oppimiseen ei kiinnitetä huomiota, olivat myös selvässä vähemmistössä (18%).





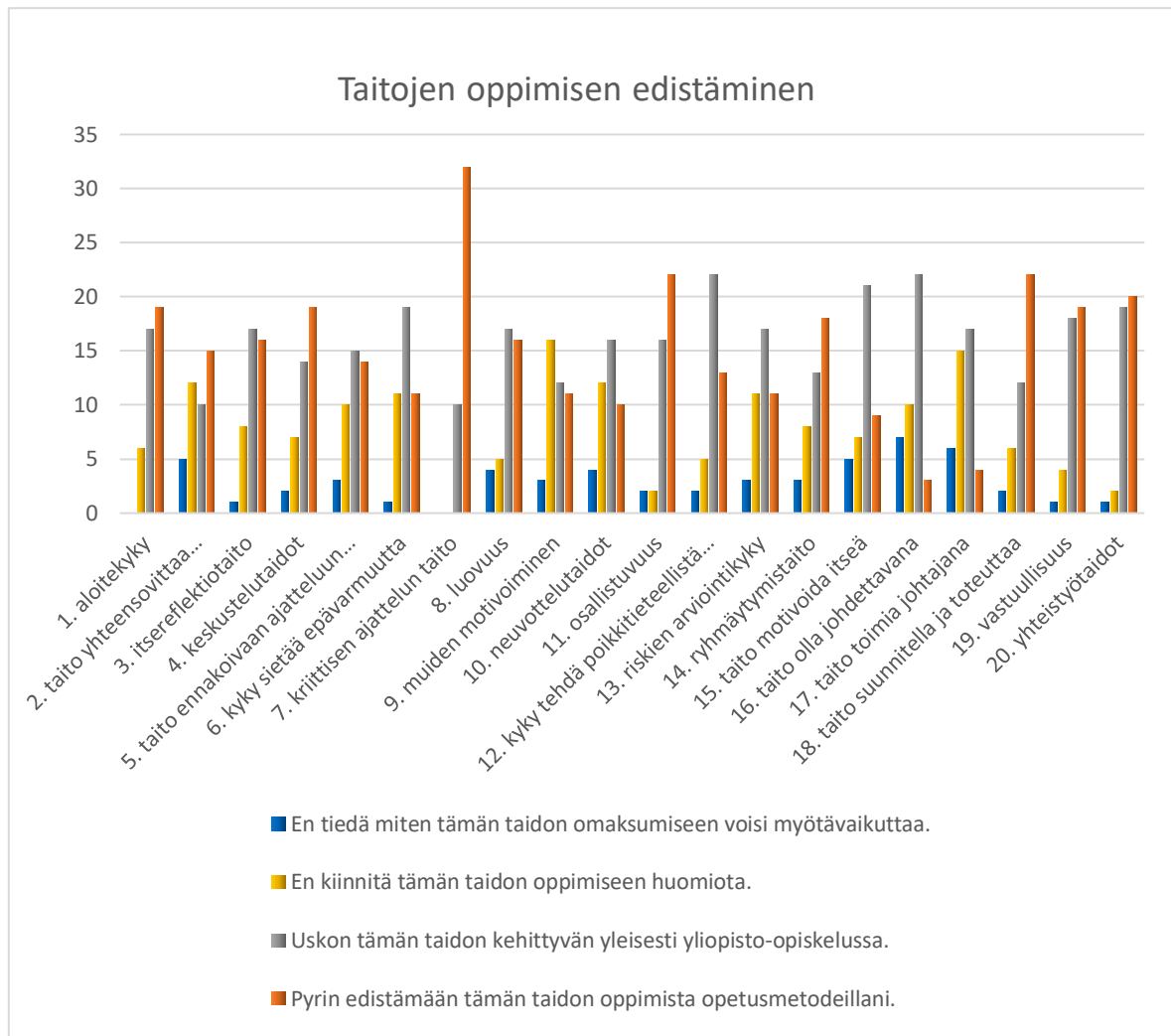
Kaavio 7: Yhteenlasketut tulokset kysymykseen: Pyrittekö asiasisältöjen lisäksi opettamaan/kehittämään jotakin seuraavista taidoista?

Kysymyksen 23 tulokset on esitetty taitokohtaisesti (kaavio 8). Selvästi eniten pyritään aktiivisesti edistämään kriittisen ajattelun taitoa. Taidoista 9:ään tuli eniten vastausta ”pyrin edistämään tämän taidon oppimista opetusmetodeillani”, ja nämä taidot olivat 1. aloitekyky, 2. taito yhteensovittaa erilaisia/vastakkaisia arvoja, 4. keskustelutaidot, 7. kriittisen ajattelun taito, 11. osallistuvuus, 14. ryhmäytymistaito, 18. taito suunnitella ja toteuttaa, 19. vastuullisuus ja 20. yhteistyötaidot.

Vaikeimmiksi koettiin oppimiseen myötävaikuttaminen taitojen 16. olla johdettavana ja 17. toimia johtajana osalta. Vain 2 vastaajaa ei pyrkinyt edistämään minkään kysymyksessä 15 luetellun taidon oppimista opetusmenetelmillään.

Taulukko 9: Kysymyksessä 23 esitetyt taidot.

<b>23. Tulokset kysymykseen: Pyrittekö asiasisältöjen lisäksi opettamaan/kehittämään jotakin seuraavista taidoista?</b>	
1.	aloitekyky
2.	taito yhteensovittaa erilaisia/vastakkaisia arvoja
3.	itsereflektiotaito
4.	keskustelutaidot
5.	taito ennakoivaan ajatteluun/ taito hahmotella tulevaisuuden skenaarioita
6.	kyky sietää epävarmuutta
7.	kriittisen ajattelun taito
8.	luovuus
9.	muiden motivoiminen
10.	neuvottelutaidot
11.	osallistuvuus
12.	kyky tehdä poikkitieteellistä yhteistyötä
13.	riskien arviointikyky
14.	ryhmytymistaito
15.	taito motivoida itseä
16.	taito olla johdettavana
17.	taito toimia johtajana
18.	taito suunnitella ja toteuttaa
19.	vastuullisuus
20.	yhteistyötaidot

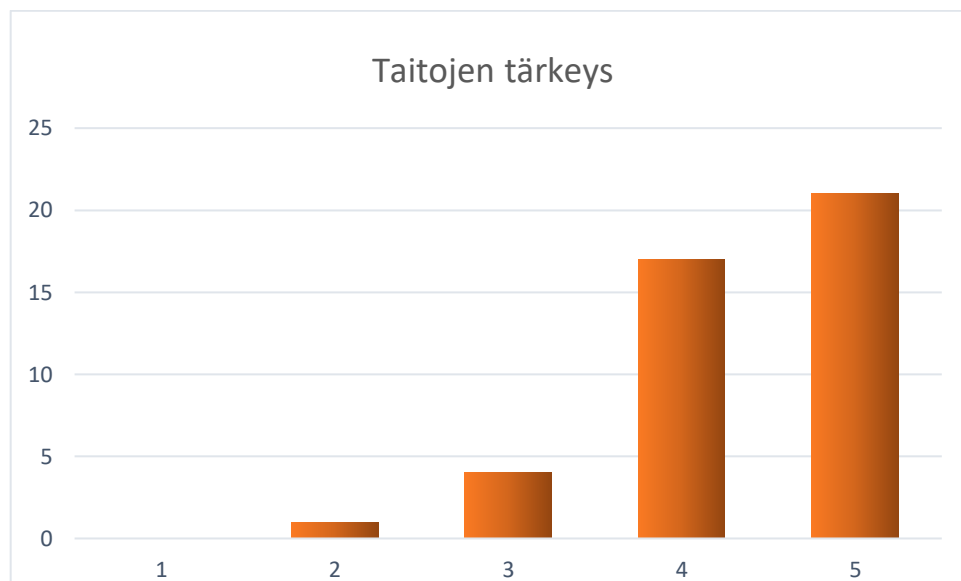


Kaavio 8: Tulokset kysymykseen: Pyrittekö asiasisältöjen lisäksi opettamaan/kehittämään jotakin seuraavista taidoista?

Suljetuilla kysymyksillä (24–25) kysyttiin kuinka tärkeänä vastaajat pitävät pyrkimystä kehittää kysymyksessä 23 lueteltuja taitoja yliopisto-opetuksessa ja pitävätkö vastaajat näiden taitojen kehittymiseen myötävaikuttamista mahdollisena. Lopuksi kysyttiin avoimella kysymyksellä 26, ottavatko vastaajat yhden tai useamman taidon huomioon kurssi-arvioinnissaan.

Valtaosa vastaajista pitää taitojen opettamista tärkeänä (kaavio 9) (kysymykset 24–25). Kaikkien kysymyksessä 23 listattujen taitojen oppimiseen myötävaikuttamista piti mahdollisena 63% vastaajista ja loput 37% pitivät sitä mahdollisena osan taidoista kohdalla. Kurssi-arvioinnissa noin 40% vastaajissa ottaa huomioon useamman kuin yhden taidon mutta noin 26% vastaajista ilmoittaa mittaavansa pelkkää asiaosaamista ja noin 18% jätti

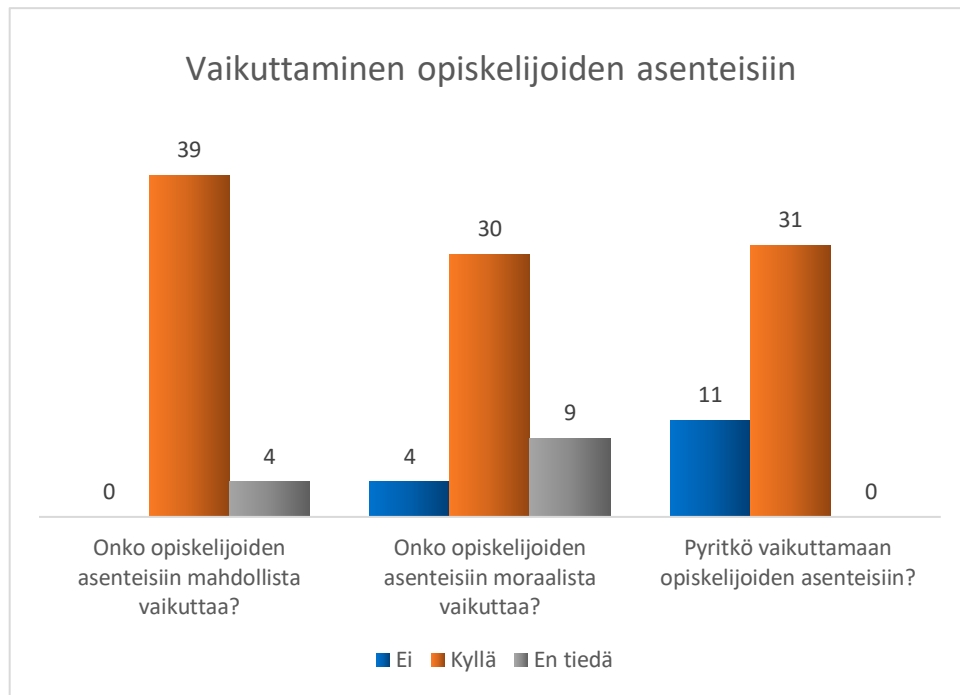
vastaamatta kysymykseen. Loput noin 18% nimesivät yhden taidon, jota pyrkivät mittaamaan kurssiarvioinnissaan.



Kaavio 9: Tulokset kysymykseen: Kuinka tärkeää mielestänne on pyrkiä kehittämään opiskelijoiden kysymyksessä 23. mainittuja taitoja yliopisto-opetuksessa? Vastaukset asteikolla 1-5.

## 5.4 Suhtautuminen asennevaikuttamiseen

Vastaajilta kysyttiin kolmessa monivalintakysymyksessä heidän suhtautumistaan opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamiseen esimerkiksi ilmastonmuutoksen suhteen. Kuten kaaviosta 9 käy ilmi, valtaosa piti asennevaikuttamista mahdollisena, moraalisesti hyväksyttävänä ja pyrkii itse vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin ilmastonmuutoksen kaltaisten asioiden yhteydessä.



Kaavio 9: Tulokset kysymyksiin: ” Onko mielestänne mahdollista vaikuttaa opiskelijoiden asenteisiin yliopisto-opetuksessa esimerkiksi ilmastonmuutoksen suhteen?”, ” Onko mielestänne moraalisesti hyväksyttävää pyrkiä vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin yliopisto-opetuksessa esimerkiksi ilmastonmuutoksen suhteen?” ja ” Pyrittekö vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin opetuksessasi kasvihuonekaasujen pienentämiseen liittyvien pyrkimysten suhteen?”

## 5.5 Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen kehittäminen

Viimeisessä osiossa kysyttiin opettajien näkemyksiä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen vähentämisestä neljällä avoimella kysymyksellä ja yhdellä monivalintakysymyksellä, jossa kysyttiin kokevatko he aiheeseen liittyvän opetuksen tarjonnan riittäväksi heidän yksikössään. Monivalintakysymyksen vastaukset on esitetty kaaviossa 10. Suurin osa koki, että opetus voisi olla kattavampaa. Reilu neljäsosa piti kuitenkin tämän hetkistä opetuksen tasoa aiheen osalta riittävänä.



Kaavio 10: Tulokset kysymykseen: Onko laitoksenne/yksikkönne/osastonne tarjoama opetus kasvihuonekaasujen vähentämisen osalta mielestänne riittävää?

Ensimmäinen neljästä avoimesta kysymyksestä kartoitti vastaajien näkemyksiä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen lisäämiseen haasteista heidän alansa yliopisto-opetuksessa. Merkittäviä haasteita olivat puute resursseista (7 vastaajaa), opetettavien asioiden runsas määrä jo ennestään (5 vastaajaa) sekä perusasioiden opettamisen tärkeys (5 vastaajaa).

*”Opetus- ja opetuksen kehittämisresurssien vähäisyys on minusta suurin ongelma tällä hetkellä yliopisto-opetuksen kehittämisessä; vaikka mielenkiintoa ja innostusta olisi, työaikaa ja opetusresursseja ei löydy tarpeeksi.” -v3*

Vastaajista 7 piti ongelmallisena sitä, ettei aihetta ole otettu systemaattisesti opetukseen. Vastaajista 6 piti ongelmallisena faktatiedon puutetta ja neljä mainitsi ongelmaksi erilaiset yhteiskunnalliset intressit, jotka ovat esille yhteiskunnallisessa keskustelussa. Vastaajista kaksi mainitsi perinteet.

*”Aihe liittyy eri tavoin useaan kurssiaineistoon. Aiheen opetusta ei ole systematisoitu.” -v18*

*”Me tiedämme oman toiminta-alueemme teknologian tason, osaamme arvioida päästöt, osaamme arvioida tulevan teknologian mahdollisuuksia. Me emme tiedä onko toiminnallamme todellista kytkeä ilmastoon muutokseen.” -v8*

*”Aihepiiriin suhtaudutaan tänä päivänä jopa fanaattisesti, joten asenteellisuuden vaaroihin pitäisi kiinnittää huomiota.” -v22*

*”Vanhakantaiset käsitykset opettamisesta ja mitä pitää opettaa (ei siis oppia)” -v14*

Kolme viimeistä kysymystä käsitelivät mahdollisia toimia opetuksen kehittämiseksi, eli miten opetusta tulisi kehittää, jos ei tarvitse huomioida käytännön rajoitteita (kysymys 32) ja käytännön rajoitteet huomioiden (kysymys 33), sekä sitä, miten yliopistot voisivat yleisesti toimia edistääkseen kemianteollisuuden pyrkimystä hiilineutraaliksi (kysymys 34). Kolmen viimeisen kysymyksen vastaukset menivät osittain päällekkäin, joten ne käsiteltiin yhdessä.

Vastaajat pitivät merkittävimpänä tapana edistää hiilineutraalisuustavoitetta laadukasta opetusta. Opetuksen yleisesti tai jonkin tavan sen kehittämiseen mainitsi 95% vastaajista. Tutkimuksen ja tutkimusyhteistyön mainitsi kahdeksan vastaajaa ja tutkimustiedon tai validin faktatiedon lisäämisen tärkeyttä korosti viisi vastaajaa.

*”Kouluttamalla osaajia, tekemällä yhteistyötä tutkimusprojekteissa.” -v16*

*”Tarjoamalla totuudenmukaista ja ajan tasalla olevaa opetusta aiheesta.” -v23*

Vastaajat nostivat esiin myös näkemyksiä siitä, miten opetusta tulisi kehittää. Vastaajista 5 mainitsi erillisten opintokokonaisuuksien tai kurssien perustamisen aihepiirille ja puolestaan 5 vastaajaa koki, että aihepiiriin tulisi olla läpäisevästi mukana koko tutkinnossa.

*”Kyseiselle alueelle kannattaisi perustaa oma opetusjakso, jossa käsiteltäisiin asiaa tieteelliseltä näkökulmalta.” -v2*

*”(aihe tulisi) Sisällyttää asia kaikkiin kursseihin” -v24*

Vastaajista 4 painotti kemian perusosaamisen tärkeyttä ja 7 vastaajaa otti kantaa muihin opetettaviin aihepiireihin, kuten teollisuuden prosessit, kustannukset, kasvihuonekaasujen muodostuminen ja aihepiiriin liittyvä tematiikka. Vastaajista 5 lisäisi käytännönläheistä oppimista, kuten ryhmätöitä, kokeellisuutta ja käytännönläheisiä projekteja. Vastaajista 4 lisäisi esimerkkien ja aihepiirin käyttämistä kontekstina opetuksessa.

*”Kemisti, joka ymmärtää kemiaa oikeasti ja kunnolla, kykenee soveltamaan osaamistaan myös kasvihuonekaasujen puolella” -v28*

*”Aihepiiriä tulisi lähestyä ratkaisukeskeisestä näkökulmasta, jossa myös toimenpiteiden kustannukset otetaan huomioon.” -v22*

*”Lisää opetusta aiheesta, enemmän käytännönläheisiä projekteja, case-tutkimuksia yms.” -v23*

Vastaajista 7 ehdottaa yhteistyötä yritysten tai teollisuuden kanssa. Näistä 4 ehdotti suoraa opiskelumahdollisuutta teollisuuden edustajien kanssa, kuten teollisuuden edustajien luentoja, teollisuuden kanssa yhteistyössä järjestettäviä syventäviä kursseja sekä projektiyhteistyötä esimerkiksi lopputöiden osalta. Lisäksi 4 vastaaja ehdotti poikkitieteellistä opiskelua tai yhteistyötä.

*”Syventäviä kursseja yli tutkinto-ohjelmaraajojen, ehkä teollisuuden kanssa yhteistyössä” -v27*

Vastaajista 3 painotti kriittisen ajattelun tärkeyttä. Yksi mainitsi myös analyttisen ajattelun taidon ja yksi vastuullisuuden. Yksi vastaaja näkee tärkeänä ympäristöasioiden painoarvon lisäämisen yleisellä tasolla. Muutamissa vastauksissa nousi esiin myös se, että aihepiirin opetus tulisi suunnitella yhteistyössä, ehkä jo opetussuunnitelman tasolta lähtien.

*”Pitäisi aloittaa sillä, että kartoittaa mitä asiaan liittyvää milläkin kurssilla opetetaan ja sen jälkeen miettiä mihin kurssiin sopisi aiheen lisääminen, jos siihen on tarvetta. Paras tapa on se, että nämä aiheet liittyvät johonkin soveltavaan tehtävään. Eli keskitytään opettamaan perusasioita, mutta sitten opiskelijat saavat kotitehtäviä/keskusteluaiheita, jossa miettivät jotain kasvihuonepäästöjen pienentämistä sivuvaavaa aiheita, joka sopii kurssin/luennon pääaineeseen.” -*

v16



*"Tulisi kriittisesti tarkastella OPS:eja ja niiden toteutusta nykytiedon ja osaamisen valossa.*

*OPS:n muokkaaminen kestävästä kehitystä tukevaksi" -v14*

*"Kun kysymys on tavoitteiden asetannasta, toimintatapojen valinnasta ja taakan jaosta ei suoraa tieteellistä vastausta ole." -v24*

## 6. Pohdinta ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa pyrittiin ensimmäisen tutkimuskysymyksen osalta kartoittamaan mikä on tämän hetken kemianalan ylipistokoulutuksen tilanne kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän osaamisen osalta, kun osaaminen jaetaan avainkompetenssien määritelmän (Wiek ym., 2011) mukaisesti tietoon, taitoon ja asenteisiin. Toisen tutkimuskysymyksen osalta tutkimus pyrki kartoittamaan tulosten ja kirjallisuuden pohjalta sitä, miten opetusta näiltä osin tulisi kehittää. Tässä kappaleessa tarkastellaan tuloksia aiemman tutkimuksen valossa, pohditaan niiden merkitystä sekä mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita. Ensimmäinen alaluku käsittelee ensimmäistä tutkimuskysymystä sisältöjen, opetusmenetelmien, taitojen ja asenteiden osalta. Joitakin tämän osion tuloksia nostetaan esille siitä syystä, että niihin peilataan opetuksen kehittämistä koskevassa luvussa. Lopuksi on yhteenveto, joka summaa tämän hetken tilanteen avainkompetenssien opetuksen näkökulmasta. Toinen alaluku käsittelee sitä, miten tutkimustulosten ja kirjallisuuden valossa kasvihuonekaasupäästöihin liittyvän osaamisen opetusta tulisi kehittää. Kolmannessa alaluvussa arvioidaan lyhyesti tutkimusta varten kehitettyä kyselyä ja sen vaikutusta saatuihin tuloksiin.

### 6.1 Miten kasvihuonepäästöjen vähentämiseen tähtäävän osaamisen kehittämistä tuetaan kemianalan yliopisto-opetuksessa?

#### **Sisällöt**

Kasvihuonekaasuihin liittyvästä yleistiedosta selkeästi eniten painoarvoa opetuksessa saivat ilmastonmuutos yleisellä tasolla ja hiilidioksidiin liittyvät aiheet, kun muiden kasvihuonekaasujen osalta painotus jäi melko vähäiseksi. Tämä on linjassa hyvin kasvihuonekaasupäästöjen osuuksien kanssa, joka käy ilmi tilastokeskuksen taulukosta (ks. taulukko 2 s. 9 ja kuvaajat 1 ja 2 s. 10). Kaikkia kyselyssä mainittuja kasvihuonekaasuja kuitenkin käsiteltiin jonkin verran. Ilmaston lämpeneminen ja kasvihuonekaasuihin liittyvät sisällöt kuuluvat aihealueen yleistietoon, joten ei ole yllättävää, että niiden käsittely painottui aihepiirin erikoiskursseille ja aihepiiriin liittyville kursseille.

Osa vastaajista koki, ettei kasvihuonekaasupäästöihin liittyviä aiheita ole mielekäästä käsitellä heidän kursseillaan, jos kurssin aihepiiri ei liity kyseiseen aihepiiriin, mutta saattoivat silti käyttää aihepiiriä opetuksen kontekstina. Saatujen vastausten perusteella on

selvää, että kemian alalla kasvihuonekaasupäästöihin liittyvät aihepiirit koetaan kemianalan keskeiseksi aihepiiriksi. Osa vastaajista jopa näki kemian perusosaamisen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvänä sisältönä. Tämä poikkeaa Christien ja kollegoiden (2013) tutkimuksen tuloksista, joissa Australian yliopisto-opettajista, juuri matemaattis-luonnontieteellisten alojen edustajat kokivat ympäristökestävyyden vähiten relevantiksi oman alansa osalta. Tosin tarkasteltava kohderyhmä ja aihe eivät ole yksi yhteen.

Opetussisältöihin liittyvien vastausten perusteella on havaittavissa, että biojalostukseen liittyvät aihepiirit sekä kiertotalous ja energiatehokkuus esiintyvät opetuksessa melko suurella painoarvolla. Sen sijaan vetytalous tai hiilidioksidin talteenotto (CCS) eivät ole opetuksessa kovinkaan voimakkaasti esillä, poikkeuksena kuitenkin vedyn ja hiilidioksidin käyttö raaka-aineena, joka oli vain vähän vähemmän esillä kuin biotalouden sisällöt. Tässä saattaa näkyä vahva panostus Suomessa bioraaka-ainetalouteen vetytalouden sijasta. Vedyn matalahiilipäästöinen tuotanto, sekä synteetisikaasun ja metaanin korvaaminen vedyllä ovat kuitenkin Introzzin ja Rosskothenin (2017) mukaan merkittäviä hiilineutraalisuutta edistäviä teknologioita. Esimerkiksi ammoniakin valmistuksessa metaanin korvaaminen vedyllä olisi merkittävä vaikutus hiilidioksidipäästöihin, sillä ammoniakin tuotanto on volyymiltaan rikkihapon jälkeen toiseksi suurinta koko maailman mittakaavassa (Introzzi & Rosskothen, 2017). Myös lämmön talteenotto ja teollisuusalojen väliset symbioosit esiintyivät melko vähäisellä painotuksella.

### **Opetusmenetelmät**

Tulosten perusteella luennointi on edelleen kemianalan yliopisto-opetuksen kulmakivi, mikä on linjassa Cottonin ja kollegoiden (2009) ja Christien ja kollegoiden (2013) havaintojen kanssa yliopisto-opetuksesta yleisesti. Myös muita opetusmenetelmiä käytetään kuitenkin melko paljon ja pyrkimys opetuksen monipuolistamiseen on merkittävä. Cottonin ja Winterin (2010) suosittelemista opetusmenetelmistä vain roolileikki tai simulaatio ja väittely olivat huomattavan epäsuosittuja, joskin myös oman kehittymisen suunnitteleminen oli melko vähän käytetty muihin listan menetelmiin verrattuna. Käytännönläheisten ja projektipohjaisten opetusmenetelmien lisäämistä pidettiin myös aiheellisena kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvän opetuksen kehittämiseksi. Kuten Cotton ja kollegat (2009) huomauttavat, opiskelijaryhmien koko vaikuttaa valittuihin opetusmenetelmiin, pienten ryhmien kanssa toteutusmahdollisuudet ovat monipuolisemmat.

Tämän tutkimuksen perusteella jako ei kuitenkaan ollut aivan yksioikoinen. Monet vastaajat pyrkivät toteuttamaan mahdollisimman aktivoivaa opetusta suurista opiskelijamääristä huolimatta ja toisaalta joidenkin pienten osallistujamäärien kurssien vetäjät suosivat perinteistä opettajajohtoista luennointia ilman lisämausteita.

Huomattavaa oli, ettei kurssityyppi korreloinut merkittävästi valittujen opetusmenetelmien kanssa. Kuitenkin muutamia kommentteja siitä, että teoriapainotteisilla kursseilla, joilla läpikäytävää asiaa on paljon, perinteinen luennointi on tehokkain opetusmenetelmä. Näin argumentoineiden kurssit olivat usein pienempiä jatko-opintokursseja. On totta, että aktivoivien opetusmenetelmien käyttö vie enemmän aikaa sekä kurssin pitäjältä että sille osallistujilta (McIntosh, 2003) ja ehkä kestävän kemian mukaisten opetusmenetelmien käyttöä tulisikin painottaa juuri aihepiiriin liittyvillä kursseilla ja erityiskursseilla. Myös Cotton ja kollegat (2009) tekivät samankaltaisia havaintoja, jotka viittasivat osan yliopisto-opettajista pitävän perinteistä opetusmenetelmää, jossa luennoitsija välittää tietoa opiskelijalle, kaikkein tehokkaimpana opetusmenetelmänä.

On merkille pantavaa, joskaan ei ehkä yllättävää, että suurin este opetuksen kehittämisessä sekä opetusmenetelmien että kasvihuonekaasupäästöihin liittyvän opetuksen osalta, ovat vastaajien mukaan resurssien ja ajan puute. Lisäksi muutama vastaaja nimesi haasteeksi oman osaamisensa; digiosaamisen tai muun pedagogisen osaamisen. Lisäksi mainittiin opiskelijoista johtuvat rajoitteet, joista yksi oli ensimmäisen vuoden massaluentojen passivoimat opiskelijat, mikä viittaa siihen, että yliopistojen opiskelukulttuuri itsessään ohjaa perinteisten opetusmenetelmien suosimiseen. Myös Cotton ja kollegat (2009) havaitsivat saman. Heidän johtopäätöksensä oli, että koska yliopisto-opetus vaatisi erittäin suuren mullistuksen, jotta opetus voitaisiin toteuttaa kestävän kehityksen ihanteen mukaisesti, parempia tuloksia saadaan todennäköisesti tekemällä pieniä parannuksia siellä missä voidaan. Tämän tutkimuksen perusteella kemianalan yliopisto-opetuksessa on tällaisia pieniä muutoksia jo tehty runsaasti. Nyt saattaisi kuitenkin olla aika harkita, voitaisiinko opetuskulttuuriin tehdä suurempia kestävän kehityksen mukaisen opetusihanteen muutoksia esimerkiksi digitaalisten opetusvälineiden avulla.

## **Taidot**

Vastaajien suhtautuminen taitojen oppimisen edistämiseen pidettiin pääosin tärkeänä, mutta se ei ole aivan opetuksen keskiössä vaan taitojen oletetaan usein tulevan yliopisto-opiskelun

kylkiäisenä. Useimmat kemianalan yliopisto-opettajat katsovat suurimman osan kysymyksessä 23 listatuista taidoista kehittyvän itsestään yliopisto-opiskelussa. Myös kriittisen ajattelun taidon osalta, joka sai ylivoimaisesti eniten edistämisyrittämyksiä indikoivia vastauksia, kolmasosa vastaajista katsoi kehittyvän itsestään yliopisto-opiskelussa.

Useat Wiekin ja kollegoiden (2011) listaamat ja myös muiden tutkijoiden esille nostamat kestävä kehityksen ratkaisujen kannalta oleelliset taidot eivät olleet opetuksen kehittämisen keskiössä. Tällaisia olivat yhteensovittaa vastakkaisia arvoja, tulevaisuuden skenaarioiden hahmottelemisen taitoa, riskien arviointikyky ja kyky tehdä poikkitieteellistä yhteistyötä. On harkittava keinoja, joilla tarpeellisten taitojen oppiminen voidaan tuoda opetuksen keskiöön.

Tämän tutkimuksen perusteella kemianalan yliopisto-opettajat vain harvoin eivät tiedä, miten tietyn taidon oppimista voisi edistää opetuksessa, sillä se oli annetuista vastausvaihtoehdoista selvästi vähiten valittu. Lisäksi nousi esiin ristiriita sen suhteen, että taitojen oppimista pidetään yleisesti tärkeänä, mutta suurella osalla vastaajista taidot eivät ole osa kurssin arviointia. Tämä tulos otetaan huomioon seuraavassa alaluvussa, jossa pohditaan miten kasvihuonekaasupäästöihin liittyvää opetusta tulisi kehittää.

### **Opiskelijoiden asenteisiin vaikuttaminen**

Vastaajat suhtautuvat opiskelijoiden asenteisiin vaikuttamiseen erittäin positiivisesti. Vain hyvin harva ei pitänyt moraalisesti hyväksyttävänä pyrkimystä vaikuttaa opiskelijoiden asenteisiin ja neljännes vastaajista ilmoitti, että ei pyri vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin esimerkiksi ilmastonmuutoksen suhteen. Vastaukset viittaavat siihen, että muutamat yliopisto-opettajat ovat varovaisia asennevaikuttamisen suhteen. Cottonin ja kollegoiden (2007) sekä Christien ja kollegoiden (2015) tutkimuksissa nousi esiin huoli siitä, että tämän kaltaisten aiheiden suhteen yritetään opettaa opiskelijoille tietyn ideologian mukaista arvomaailmaa tai että arvoperustainen opetus ei sovi erityisesti luonnontieteisiin. Asenteiden voidaan puolestaan katsoa perustuvan yksilön arvoihin (Wesley Schultz & Zelezny, 1999). Tällainen ajattelu ei tämän tutkimuksen perusteella kuitenkaan ole valtavirtaa Suomen kemianalan yliopisto-opettajien keskuudessa. Tulos on siksi mielenkiintoinen, että vaikka opetus ei koskaan voi olla täysin arvo- tai asenneneutraalia, asenteen tietoinen välittäminen tekee asennevaikuttamisesta merkittävämpää. Asteet ovat puolestaan olennainen osa kestävä kehityksen ratkaisujen edellyttämää työkalupakkia, eli

avainkompetensseja (Wiek ym., 2011). Asenteisiin ja arvoihin vaikuttamisen suhteen Suomen kemianalan koulutuksella on siis hyvät mahdollisuudet kehittää kokonaisvaltaista osaamista eli avainkompetensseja.

Kyselyn viimeisen osion avoimissa kysymyksissä nousi kuitenkin selvästi esiin osan vastaajista huoli siitä, että kasvihuoneilmiöön liittyvä julkinen keskustelu on liian ideologista eikä perustu tieteellisiin faktoihin. Huoli näytti kohdistuvan enemmän muualta omaksuttavaan ideologiseen ajatteluun ja yleiseen näkemykseen yhteiskunnan tasolla, kuin opetuksessa välittyviin arvoihin tai asenteisiin.

### **Yhteenveto**

Wiekin ja kollegoiden (2011) näkemyksen mukaan avainkompetenssien määrittelemine on tärkeää, jotta oikeanlaista opetusta voidaan suunnitella ja arvioida. Tämän tutkimuksen perusteella kemianalan yliopistokoulutuksella on erittäin hyvät edellytykset tarvittavien avainkompetenssien kehittämiseksi. Pääsääntöisesti Suomen yliopistojen kemianalan koulutusohjelmissa opetushenkilökunta näyttäisi pitävän aihepiirin sisältöjä tärkeinä opiskelijoiden tulevaisuuden kannalta. Useat pyrkivät käyttämään monipuolisia opetusmetodeja. Taitojen oppimista pidetään tärkeänä, joskin niiden oppimisen edistämiseen ei aina panosteta. Valtaosa pyrkii vaikuttamaan myös opiskelijoidensa asenteisiin.

## **6.2 Miten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvää opetusta tulisi kehittää?**

Wiekin ja kollegoiden (2011) avainkompetenssit luovat varteenotettavan kehyksen taidoista, joita yliopistokoulutuksen tulisi tuottaa, jotta työelämään siirtyvillä olisi tarvittavat taidot kestäväen tulevaisuuden luomiseksi. Ne yhdistävät laajan määrän tutkimuskirjallisuudessa luetelluista taidoista, joita kestäväen tulevaisuuden rakentaminen edellyttää (Barth ym., 2007; Crofton, 2000; de Haan, 2006; Rowe, 2007; Sipos, 2008; Sterling, 2004) ja perustuvat kestäväen kehityksen opetuksen ihanteen mukaisesti sekä kognitiiviseen, affektiiviseen ja taito-osaamiseen (Cotton & Winter, 2010; Sterling, 2004 perustuen Van den Bor et al. (2000) taulukkoon). Tätä kehystä tulisi hyödyntää myös kemianalan koulutuksen kehittämisessä ja arvioinnissa. Tieto-osaaminen on kuitenkin määriteltävä Suomen osalta tarkemmin, sillä Introzzin ja Rosskothenin (2017) antavat hyvän käsityksen tämän hetken ja

lähitulevaisuuden avainteknologioista hiilineutraalisuuspyrkimyksen suhteen vain Euroopan mittakaavassa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella taitojen oppimisen edistäminen olisi syytä nostaa vahvemmin opetuksen tavoitteeksi. Tätä pyrkimystä voisi edistää kestävä kehityksen avainkompetenssien ottaminen yhdeksi opetuksen tavoitteeksi. Tieteellistä näyttöä on ainakin siitä, ettei kriittisen ajattelun taito kehity automaattisesti itsestään opinnoissa (Heijltjes ym., 2014) ja vahva konsensus asiasta on myös ongelmanratkaisukyvyn, kommunikointi- ja yhteistyötaitojen sekä luovan ajattelun osalta (Kivunja, 2014). Tässä valossa on todennäköistä, että johdonmukainen pyrkimys tarkasti valittujen taitojen oppimisen edistämiseen opetusmenetelmävalinnoilla, antaisi parempia oppimistuloksia valittujen taitojen osalta. Tiedeyhteisössä käydään jonkin verran keskustelua siitä, onko korkeakoulujen opettajilla riittävät taidot kriittisen ajattelun opettamiseen (Janssen ym., 2019; Stedman & Adams, 2012), siitä huolimatta, että kriittisen ajattelun taito on jo pitkään ollut korkeakouluopetuksen keskiössä (Halpern, 1999). Olisikin tarpeellista selvittää jatkotutkimuksella, onko kemianalan yliopisto-opettajilla riittävästi tietoa ja taitoa taitojen oppimisen edistämisestä ja arvioinnista ja miten vahvasti edellämainitut ovat mukana yliopistopedagogian opinnoissa.

Cottonin ja Whiten (2010) listaamista opetusmenetelmistä vähiten käytettiin roolileikkiä tai simulaatiota ja väittelyä. Etenkin väittelyn eduista opetusmenetelmänä tarpeellisten taitojen, kuten kriittisen ajattelun ja kommunikaatiotaitojen, kehittämisessä, on varsin paljon näyttöä (Darby, 2007) ja sen rohkeampi sisällyttäminen myös kemianalan koulutusohjelmiin voisi tarjota menetelmän kehittää varsinkin erittäin tärkeitä kommunikaatiotaitoja. Luonnollisesti on tehtävä tarkka harkinta siitä, mihin yhteyteen väittely soveltuu parhaiten opetusmenetelmänä.

Vastaajien mukaan opetusta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä voitaisiin lisätä koko tutkintoon läpäisevästi tai erillisinä kursseina tai kokonaisuutena. Nämä näkemykset eivät kuitenkaan ole toisiaan poissulkevia. Fenner kollegoineen (2005) viittaavat artikkelissaan Peetin ja Mulderin (2002) näkemykseen, jonka mukaan teknillisillä aloilla olisi tarpeellista sekä integroida kestävä kehitys tieteenalan peruskursseille, että järjestää erillinen johdantokurssi ja mahdollisuus erikoistumiseen erityisellä opintokokonaisuudella. Toisin sanoen tarjotaan sekä laaja-alaista osaamista kaikille johdantokurssista lähtien ja muun

opetuksen yhteydessä, että aihepiirin erikoiskursseja ja erikoistumismahdollisuuksia. Paljon edellä kuvaillusta opetustarjonnasta on jo olemassa, Suomen yliopistoissa on olemassa kestävän kehitykseen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyviä kursseja ja myös erikoistumisaloja. On kuitenkin jatkuvasti syytä tarkastella osaamistarpeita ja kehittää opetusta. Kestävän kehityksen mukanaolo vahvasti opetuksen suunnittelussa on välttämättömyys. Ja kuten edellä todettiin, kemian alan yliopisto-opettajien enemmistön mukaan kehittämisen varaa on.

Kuten aiemmin jo mainittiin, on syytä tehdä lisäselvitystä Suomen kemianteollisuuden kentän kanssa siitä, millaista erityisosaamista nyt ja lähitulevaisuudessa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen johtavan muutoksen aikaansaaminen edellyttää. Introzzin ja Rosskothernin, (2017) Euroopan kemianteollisuutta koskevan selvityksen mukaan olisi syytä panostaa jo vahvasti opetuksen keskiössä olevien kiertotalouden ja biotalouden lisäksi myös vetytalouteen. Heidän mukaansa vedyn käyttö raaka-aineena ammoniakkin valmistuksessa ja vedyn ja hiilidioksidin käyttö raaka-aineena metanolin, alkeenien ja BTX-yhdisteiden valmistuksessa, vähentäisi merkittävästi hiilidioksidipäästöjä, edellyttäen, että vety tuotetaan hiilineutraalilla energialla. Hiilidioksidin käyttö lähtöaineena kannustaisi myös tehokkaampaan hiilen kierrätykseen ja vähentäisi fossiilisen hiilen kiertoon ottamisen tarvetta. Nämä toimet saattaisivat kannustaa myös tehostamaan hiilidioksidin talteenottoa.

Kestävän kehityksen opetuksen ihannetta oppimisesta ulkopuolisen tahon kanssa (ks. taulukko 3, s. 21) (Cotton & Winter, 2010; Sterling, 2004 perustuen Van den Bor et al. (2000) taulukkoon) voidaan toteuttaa jo olemassa olevien esimerkkien mukaan. Helsingin yliopiston kemian osastolla on toteutettu ainakin kaksi ulkopuolisten toimijoiden kanssa yhteistyössä toteutettua verkkokurssia: kemian ja molekyyli­tieteiden opetusohjelman Chemicals and legislation (KEM411) sekä Matematiikan, fysiikan ja kemian opettajan koulutusohjelman Kestävä kemia (MFK-K205). Yhteistyössä toteutettuja kursseja on toki ollut jo pitkään eivätkä mainitut kurssit ole varmasti ainoita lajissaan verkkokursseina. Näiden esimerkkien tapaan yhteistyössä voitaisiin toteuttaa kansallisia verkkokursseja tai materiaalipankkeja, esimerkiksi videoitujen luentojen muodossa, joita olisi mahdollista käyttää kaikissa alan koulutuksissa. Tämä olisi teollisuuden edustajille suhteellisen vähän kuormittava tapa toteuttaa luennointi. Teollisuuden edustajat saavat näin jakaa omaa



erityisosaamistaan, alansa erityispiirteitä ja tämän hetken alan problematiikkaa suoraan yliopisto-opiskelijoille.

## 6.2 Kyselyn arviointi

Kysely pyrittiin lähettämään kaikille kemianalan yliopisto-opettajille varajohtajien tai -dekaanien välityksellä. Vastauksia saatiin oletettua enemmän, mutta vastausprosenttia ei tunneta, sillä kohderyhmän tarkka koko ei ole tiedossa. Kohderyhmä on myös todellisuudessa vaikea määritellä, sillä useat tekniikan alat on vaikea rajata tarkasti tietyn tieteenalan alle. On myös vaikea arvioida, kuinka edustava otos lopulta on, sillä ei ole kartoitusta siitä, kuinka monta sellaista kurssia todella on, jotka liittyvät tutkittuun aihepiiriin tai ovat aihepirin erikoiskursseja. Teoriassa olisi mahdollista kartoittaa järjestettävät kurssit opetusohjelmista, mutta tästä luovuttiin, sillä kurssien kuvauksien tarkkuus ja saatavuus vaihtelee eri yliopistojen ja tutkintolinjojen välillä huomattavasti.

Kysely on laadittu tätä tutkimusta varten, joten sen toimivuudesta ei ole aiempaa kokemusta. Lisäksi kysely on muokattu alun perin haastattelukysymyksiksi suunniteltujen kysymysten pohjalta. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että kyselyllä onnistuttiin luomaan yleiskuvaa tutkimuskohteista, mutta vastausten yleistettävyyttä on hyvin vaikea arvioida. Vastausprosentti avoimiin kysymyksiin oli paikoin melko heikko tai vastaajilla ei ollut näkemystä kysytystä aiheesta. Vastaamattomuus avoimiin kysymyksiin saattaa johtua siitä, että kysely oli melko pitkä ja kyselyitä teetetään yleisesti aika paljon. Nämä tekijät saattavat lisätä vastausväsymystä. Heikko vastausprosentti avoimiin kysymyksiin voi myös viestiä, että vastaajat eivät ole ymmärtäneet kysymystä, eivät pidä kysymystä relevanttina tai heillä ei ole näkemystä aiheesta. Kuitenkin vain yhteen kysymykseen yksi vastaaja vastasi, että ei ymmärrä kysymystä. Avoimiin kysymyksiin vastaaminen pidettiin kuitenkin tarkoituksella vapaaehtoisina, sillä kyselyä tehtäessä oletettiin, ettei kaikilla vastaajilla välttämättä ole näkemystä jokaiseen kysyttyyn kohtaan. Näin uskottiin avoimiin kysymyksiin saatavien vastausten olevan harkitumpia.

Kysely tehtiin sekä suomeksi ja englanniksi. Koska kyselyn käännöstä ei ole tarkastettu asiantuntijalla, käännöksessä saattaa esiintyä joitakin merkityseroja. Vaikutus ei kuitenkaan ole tulosten osalta suuri, sillä englanninkielisiä vastauksia tuli suhteessa hyvin vähän.

## Lähteet

- Aalto-yliopisto. (2020). *Strategia 2016-2020: Tulevaisuuden tekijät [verkkosivu]*. Aalto-yliopisto. <https://www.aalto.fi/fi/aalto-yliopisto/strategia-2016-2020-tulevaisuuden-tekijat>
- Anastas, P. T., kirjoittaja. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press.
- Ashley, M. (2005). Tensions between indoctrination and the development of judgement: The case against early closure. *Environmental Education Research*, 11(2), 187–197. <https://doi.org/10.1080/1350462042000338351>
- Baartman, L. K. J., Bastiaens, T. J., Kirschner, P. A., & van der Vleuten, C. P. M. (2007). Evaluating assessment quality in competence-based education: A qualitative comparison of two frameworks. *Educational Research Review*, 2(2), 114–129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.06.001>
- Barth Matthias, Godemann Jasmin, Stoltenberg Ute, & Rieckmann, M. (2007). Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(4), 416–430. <https://doi.org/10.1108/14676370710823582>
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD ) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59–68. <https://doi.org/10.1039/C1RP90060A>
- Christie, B. A., Miller, K. K., Cooke, R., & White, J. G. (2013). Environmental sustainability in higher education: How do academics teach? *Environmental Education Research*, 19(3), 385–414. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.698598>

- Christie, B. A., Miller, K. K., Cooke, R., & White, J. G. (2015). Environmental sustainability in higher education: What do academics think? *Environmental Education Research*, 21(5), 655–686.  
<https://doi.org/10.1080/13504622.2013.879697>
- Cotton, D., Bailey, I., Warren, M., & Bissell, S. (2009). Revolutions and second-best solutions: Education for sustainable development in higher education. *Studies in Higher Education*, 34(7), 719–733. a9h.
- Cotton, D., Warren, M. F., Maiboroda, O., & Bailey, I. (2007). Sustainable development, higher education and pedagogy: A study of lecturers' beliefs and attitudes. *Environmental Education Research*, 13(5), 579–597.  
<https://doi.org/10.1080/13504620701659061>
- Cotton, D., & Winter, J. (2010). 'It's Not Just Bits of Paper and Light Bulbs': A Review of Sustainability Pedagogies and Their Potential for Use in Higher Education. Teoksessa D. Selby, S. Sterling, & P. Jones, *Sustainability education: Perspectives and practice across higher education* (ss. 39–45). London : Earthscan 2010.
- Crofton, F. S. (2000). Educating for sustainability: Opportunities in undergraduate engineering. *Journal of Cleaner Production*, 8(5), 397–405.  
[https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00043-3](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00043-3)
- Darby, M. (2007). Debate: A teaching-learning strategy for developing competence in communication and critical thinking. *American Dental Hygienists' Association*, 81(4), 78–78.
- de Haan, G. (2006). The BLK '21' programme in Germany: A 'Gestaltungskompetenz'-based model for Education for Sustainable Development. *Environmental Education Research*, 12(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/13504620500526362>

DECHEMA. (ei pvm.). *About us [verkkosivu]*. DECHEMA.

<https://dechema.de/en/About+DECHEMA.html>

Dillon, J. (2014). Environmental education. Teoksessa N. Lederman & S. K. Abell

(Toim.), *Handbook of research on science education. Volume 2* (1. painos).

Routledge.

Eriksson, P., & Koistinen, K. (2005). *Monenlainen tapaustutkimus*.

Kuluttajatutkimuskeskus. <http://hdl.handle.net/10138/153032>

Fenner Richard A., Ainger Charles M., Guthrie Peter M., Didac Ferrer-Balas, & Karel

Mulder. (2005). Embedding sustainable development at Cambridge University

Engineering Department. *International Journal of Sustainability in Higher*

*Education*, 6(3), 229–241. <https://doi.org/10.1108/14676370510607205>

Halpern, D. F. (1999). Teaching for critical thinking: Helping college students develop the

skills and dispositions of a critical thinker. *New directions for teaching and*

*learning*, 1999(80), 69–74.

Heijltjes, A., van Gog, T., Leppink, J., & Paas, F. (2014). Improving critical thinking:

Effects of dispositions and instructions on economics students' reasoning skills.

*Learning and Instruction*, 29, 31–42.

<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.003>

Helsingin yliopisto. (2020). *Helsingin yliopiston strategia 2021-2030*. Helsingin yliopisto.

<https://www.helsinki.fi/fi/yliopisto/strategia-2021-2030>

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. (2004). *Tutki ja kirjoita* (10. osin uud. laitos).

Tammi.

Ilmatieteenlaitos. (ei pvm.). *Ilmakehä-ABC: Lämmityspotentiaali [verkkosivu]*. Noudettu

14. toukokuuta 2020, osoitteesta [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-](https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc?term=L%C3%A4mmityspotentiaali)

[abc?term=L%C3%A4mmityspotentiaali](https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc?term=L%C3%A4mmityspotentiaali)

- Introzzi, G., & Rosskothén, M. (2017). *DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik*.  
ISC3. (2020). *Sustainable Chemistry – Towards a Common Understanding [verkkosivu]*.  
International Sustainable Chemistry Collaborative Centre.
- Janssen, E. M., Mainhard, T., Buisman, R. S. M., Verkoijen, P. P. J. L., Heijltjes, A. E.  
G., van Peppen, L. M., & van Gog, T. (2019). Training higher education teachers’  
critical thinking and attitudes towards teaching it. *Contemporary Educational  
Psychology*, 58, 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.03.007>
- Kivunja, C. (2014). Innovative Pedagogies in Higher Education to Become Effective  
Teachers of 21st Century Skills: Unpacking the Learning and Innovations Skills  
Domain of the New Learning Paradigm. *International Journal of Higher  
Education*, 3(4), 37–48. ERIC.
- Lawlor, J. L. (2017). Academic and Business Leaders’ Perceptions of 21st Century Skills:  
An Exploratory Study [Ed.D., Southern Connecticut State University]. Teoksessa  
*ProQuest Dissertations and Theses* (1896531733). Social Science Premium  
Collection. <https://search.proquest.com/docview/1896531733?accountid=11365>
- McIntosh, D. (2003). The Uses and Limits of the Model United Nations in an International  
Relations Classroom. *International Studies Perspectives*, 2(3), 269–280.  
<https://doi.org/10.1111/1528-3577.00057>
- OECD. (ei pvm.). *Sustainable Chemistry [verkkosivu]*. OECD.org. Noudettu 11.  
toukokuuta 2020, osoitteesta [http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-  
management/sustainablechemistry.htm](http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/sustainablechemistry.htm)
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (ei pvm.). *Korkeakoulu- ja tiedepolitiikka ja sen  
kehittäminen [verkkosivu]*. Valtioneuvosto ja ministeriöt. Noudettu 29. toukokuuta  
2020, osoitteesta <https://minedu.fi/korkeakoulu-ja-tiedelinjaukset>

- Oulun yliopisto. (ei pvm.). *Pohjoinen muuttaa maailmaa – kestävämpi, älykkäämpi, inhimillisempi [verkkosivu]*. Oulun yliopisto. Noudettu 30. toukokuuta 2020, osoitteesta <https://www.oulu.fi/yliopisto/node/194817>
- Ozturk, C., Muslu, G. K., & Dicle, A. (2008). A comparison of problem-based and traditional education on nursing students' critical thinking dispositions. *Nurse Education Today*, 28(5), 627–632. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2007.10.001>
- Perälä, P. (2019). *Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta ja raportointi [ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu]*. ymparisto.fi. [https://www.ymparisto.fi/fi-](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Kasvihuonekaasupaastojen_raportointi_ja_seuranta)
- Pinomaa R. (ei pvm.). *Hiilineuraali kemia 2045 [verkkosivu]*. Kemianteollisuus. Noudettu 30. toukokuuta 2020, osoitteesta <https://www.kemianteollisuus.fi/fi/vastuullisuus/hiilineutraalikemia2045/>
- Pithers, R. T., & Soden, R. (2000). Critical thinking in education: A review. *Educational Research*, 42(3), 237–249. <https://doi.org/10.1080/001318800440579>
- Roon, A. van, Govers, H. A. J., John, R., & Weenen, H. van. (2001). Sustainable chemistry: An analysis of the concept and its integration in education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/14676370110388372>
- Rowe, D. (2007). Education for a sustainable future. *Science*, 317(5836), 323–324.
- Seppälä, J., Alestalo, M., Ekholm, T., Kulmala, M., & Soimakallio, S. (2015). *Hiilineutraalisuuden tavoittelu—mitä se on missäkin yhteydessä. Ilmastopaneeli*.
- Shephard Kerry. (2008). Higher education for sustainability: Seeking affective learning outcomes. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(1), 87–98. <https://doi.org/10.1108/14676370810842201>

- Sipos Yona. (2008). Achieving transformative sustainability learning: Engaging head, hands and heart. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(1), 68–86. <https://doi.org/10.1108/14676370810842193>
- Solomon, S., D. Qin, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, ..., & D. Wratt. (2007a). *Technical summary. In: Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ss. 21–35). Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4\\_wg1\\_full\\_report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf)
- Solomon, S., D. Qin, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, ..., & D. Wratt. (2007b). *Technical summary. In: Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ss. 941–954). Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4\\_wg1\\_full\\_report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf)
- Stedman, N. L., & Adams, B. L. (2012). Identifying Faculty's Knowledge of Critical Thinking Concepts and Perceptions of Critical Thinking Instruction in Higher Education1. *Nacta Journal*, 56(2), 9.
- Sterling, S. (2004). An Analysis of the Development of Sustainability Education Internationally: Evolution, Interpretation and Transformative Potential. Teoksessa J. Blewitt & C. Cullingford, *The sustainability curriculum: The challenge for higher education* (ss. 43–60). Earthscan. <http://site.ebrary.com/id/10128892>
- Tampereen yliopisto. (ei pvm.). *Kestävän kehityksen opintokokonaisuus [verkkosivu]*. Tampereen yliopisto. Noudettu 30. toukokuuta 2020, osoitteesta <https://www.tuni.fi/fi/tule-opiskelemaan/kestavan-kehityksen-opintokokonaisuus>

- Thomas, I. (2009). Critical Thinking, Transformative Learning, Sustainable Education, and Problem-Based Learning in Universities. *Journal of Transformative Education*, 7(3), 245–264. <https://doi.org/10.1177/1541344610385753>
- Tilastokeskus. (ei pvm.). *Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkosivu]*. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu 14. toukokuuta 2020, osoitteesta <http://www.stat.fi/til/khki/index.html>
- Tilastokeskus. (2018a). *111k–Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa, 1990–2018 [verkkosivu]*. [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ymp\\_\\_khki/statfin\\_khki\\_pxt\\_111k.px/](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ymp__khki/statfin_khki_pxt_111k.px/)
- Tilastokeskus. (2018b, joulukuuta 11). *Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa muuttujina Päästöluokka, Kasvihuonekaasu, Tiedot ja Vuosi [verkkosivu]*. Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannat. <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/sq/1cbc3b10-7e17-4a7c-8169-8d0834e4eb28>
- Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (6., uud. laitos). Tammi.
- Turun yliopisto. (ei pvm.). *Kestävän kehityksen koulutusohjelma KEKO [verkkosivu]*. Turun yliopisto. Noudettu 30. toukokuuta 2020, osoitteesta <https://www.utu.fi/fi/yliopisto/kestavan-kehityksen-koulutusohjelma-KEKO>
- UN. (ei pvm.). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development [verkkosivu]*. UN Sustainable Development Goals: Knowledge Platform. Noudettu 11. toukokuuta 2020, osoitteesta <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>



- UNCED. (1992). *Agenda 21 [verkkosivu]*. UN Sustainable Development Goals: Knowledge Platform.  
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>
- UNESCO. (ei pvm.). *Education for Sustainable Development [verkkosivu]*. UNESCO.  
 Noudettu 14. toukokuuta 2020, osoitteesta <https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development>
- UNESCO Education Sector. (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): International implementation scheme*. UNESCO.  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148654>
- Valtioneuvosto. (2016). *Agenda 2030 Suomessa—Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit [verkkosivu]*. Valtioneuvosto ja ministeriöt.  
<https://valtioneuvosto.fi/julkaisut/julkaisu?pubid=URN:ISBN:978-952-287-275-3>
- van Vliet, E. A., Winnips, J. C., & Brouwer, N. (2015). Flipped-Class Pedagogy Enhances Student Metacognition and Collaborative-Learning Strategies in Higher Education But Effect Does Not Persist. *CBE—Life Sciences Education*, 14(3), ar26.  
<https://doi.org/10.1187/cbe.14-09-0141>
- Vehkalahti, K., kirjoittaja. (2019). *Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät*. [Helsingin yliopisto]. <http://doi.org/10.31885/9789515149817>
- Wals, A. E. J., & Jickling, B. (2002). “Sustainability” in higher education: From doublethink and newspeak to critical thinking and meaningful learning. *Higher Education Policy*, 15(2), 121–131. [https://doi.org/10.1016/S0952-8733\(02\)00003-X](https://doi.org/10.1016/S0952-8733(02)00003-X)
- Wesley Schultz, P., & Zelezny, L. (1999). Values as predictors of environmental attitudes: Evidence for consistency across 14 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 19(3), 255–265. <https://doi.org/10.1006/jevp.1999.0129>

- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. [WCED]. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Ympäristöministeriö. (2018). *Ilmastonmuutoksen hillitseminen [verkkosivu]*. Ympäristöministeriö. [https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastonmuutoksen\\_hillitseminen](https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen)

## Liitteet

LIITE 1: Tilastokeskuksen taulukko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä vuosilta 1990–2018, pois lukien LULUCF-sektori. (Tilastokeskus, 2018b)

	Päästöt yhteensä pl. LULUCF-sektori					
	Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	Metaani (CH <sub>4</sub> )	Dityppioksidi (N <sub>2</sub> O)	Fluorihii- vedyt (HFCs)	Perfluorihii- vedyt (PFCs)	Rikkiheksa- fluoridi (SF <sub>6</sub> )
1990	57138	7685	6356	0	0	52
1991	55386	7667	5917	0	0	40
1992	54435	7617	5488	0	0	26
1993	56495	7657	5654	0	0	20
1994	61858	7627	5766	81	1	24
1995	58278	7420	5903	150	2	37
1996	64181	7342	5940	233	2	54
1997	62841	7259	5954	333	2	50
1998	59488	6992	5778	442	2	39
1999	59005	6819	5727	540	5	31
2000	57146	6561	5801	715	3	26
2001	62644	6426	5697	786	4	26
2002	65157	6203	5738	881	3	25
2003	72755	5997	5870	978	3	26
2004	69059	5813	5956	1082	3	24
2005	57130	5565	6046	1157	4	22
2006	68473	5639	5841	1312	4	28
2007	66848	5506	5911	1345	3	19
2008	58689	5363	6067	1383	3	27
2009	55994	5297	5202	1381	3	27
2010	64169	5355	4808	1363	3	22
2011	56731	5183	4669	1355	3	24
2012	51284	5128	4661	1382	4	22
2013	51811	4990	4699	1381	5	31
2014	47700	4892	4759	1366	4	34
2015	44168	4857	4765	1328	2	22
2016	47282	4728	4777	1275	2	30
2017	44726	4605	4820	1213	2	24
2018	45902	4541	4769	1178	2	20

LIITE 2: Taulukkoon on koottu lyhyet kuvaukset Wiekin ja kollegoiden (2011) esittämistä kestävä kehityksen avainkompetensseista.

Kompetenssi	Kompetenssin kuvaus
<b>Systeeminen ajattelu</b>	<p>Kyky kollektiivisesti analysoida monimutkaisia systeemejä yli erilaisten toimialojen (yhteiskunta, ympäristö, talous) ja erilaisissa mittakaavoissa (kotimainen, globaali).</p> <p>Vaatii kykyä huomioida tapahtumasarjat inertia, takaisinkytkennät ja muita systeemisiä ominaisuuksia.</p> <p>Kompleksisten systeemien rakenteiden, avaintekijöiden tai keskeisten rakenneosien ja dynamiikan ymmärtäminen, empiirinen todentaminen ja artikuloiminen.</p> <p>Analysointikyky edellyttää paitsi systeemin tuntemista, havaintokykyä ja tietoa säädöksistä, motiiveista ja päätöksistä.</p>
<b>Ennakoiva ajattelu</b>	<p>Kyky kollektiivisesti arvioida, analysoida ja muodostaa perusteellisia kuvia tulevaisuudesta kestävä kehityksen ongelmiin liittyen ja niiden tuottamien ongelmien ratkaisemisen puitteisiin.</p> <p>Kyky analysoida kuvia tulevaisuudesta edellyttää kykyä ymmärtää ja artikuloida niiden rakennetta, avainosia ja dynamiikkaa. Kyky arvioida tulevaisuuden kuvia verrattuna alan sen hetkiseen teknologian ja tieteen tasoon. Kyky tulevaisuuden kuvien muodostamiseen edellyttää luovuutta ja konstruktivisuutta.</p>
<b>Normatiivinen kompetenssi</b>	<p>Kyky kollektiivisesti kartoittaa, määritellä ja neuvotella kestävä kehityksen arvoja, periaatteita, päämääriä ja tavoitteita. Mahdollistaa nykytilanteen kestävämyyden havaitsemisen ja tulevaisuuden kuvien arvioimisen.</p> <p>Perustuu hankittuun tietoon kestävä kehityksen mukaisista arvoista, kuten tasa-arvoon, yhdenvertaisuus ja ekologisuus.</p> <p>Riskiarvioiden tekeminen. Erilaisten vaatimusten yhteen sovittaminen.</p>
<b>Strateginen kompetenssi</b>	<p>Kyky kollektiivisesti suunnitella ja panna toimeen interventioita, siirtymiä ja muutosta ohjaavaa hallintoa kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi.</p> <p>Edellyttää strategisten konseptien ymmärtämistä. Kykyä saada aikaan asioita. Poliittista ymmärrystä, deadlinejen hallintaa, logististen ongelmien ratkaisemista yms.</p>
<b>Ihmissuhde kompetenssi</b>	<p>Kyky motivoida, mahdollistaa ja fasilitoida osallistavaa ja yhteistyössä tehtyä kestävä kehitysentutkimusta ja ongelmanratkaisua.</p> <p>Kykyä työskennellä myös poikkitieteellisessä yhteistyössä.</p> <p>Edellyttää erittäin hyviä kommunikointi-, keskustelu-, neuvotte-, johtamis-, yhteistyötaitoja, sekä moniarvoista- ja transkulttuurista ajattelua ja empatiakykyä.</p>

LIITE 3: Taulukkoon on koottu kyselyn kysymyksessä 23. esitetyt taidot. Taidot on poimittu Wiekin ja kollegoiden (2011) artikkelista. Ensimmäisessä sarakkeeseen on merkitty mihin kompetenssiin tai kompetensseihin tutkijaryhmä on taidon liittänyt, keskimmaisessa sarakkeessa on esitetty taito ja kolmannessa Wiekin ja kollegoiden käyttämä lähde. Jos lähdettä ei ole mainittu, tutkijat ovat maininneet taidon jonkin kompetenssin yhteydessä.

Kompetenssi	Taito	Wiekin ym. lähde
strateginen kompetenssi	aloitekyky	
normatiivinen kompetenssi	taito yhteensovittaa erilaisia/vastakkaisia arvoja	
strateginen kompetenssi	itsereflektiotaito	Kearins ja Springett (2003)
Ihmissuhdekompetenssi, peruskompetenssi	keskustelutaidot	Crofton (2000)
Ennakoivan ajattelun kompetenssi	taito ennakoivaan ajatteluun/ taito hahmotella tulevaisuuden skenaarioita	Crofton (2000), de Haan (2006), ACPA.org ( <a href="http://www2.myacpa.org/">http://www2.myacpa.org/</a> ; cf. Svanström et al. 2008)
Ennakoivan ajattelun kompetenssi	kyky sietää epävarmuutta	Sterling ja Thomas (2006)
Perustavan laatuinen kompetenssi	kriittisen ajattelun taito	Kearins ja Springett (2003)
Ennakoivan ajattelun taito	luovuus	Sipos ym. (2008), de Haan (2006)
Ihmissuhdekompetenssi	muiden motivoiminen	de Haan (2006)
ihmissuhdekompetenssi, normatiivinen kompetenssi	neuvottelutaidot	
Perus kompetenssi	osallistuvuus	de Haan (2006)
ihmissuhdekompetenssi	kyky tehdä poikkitieteellistä yhteistyötä	
normatiivinen kompetenssi	riskien arviointikyky	
Ihmissuhdekompetenssi	ryhmytymistaito	ACPA.org ( <a href="http://www2.myacpa.org/">http://www2.myacpa.org/</a> ; cf. Svanström et al. 2008)
Strateginen kompetenssi, peruskompetenssi	taito motivoida itseä	de Haan (2006)
Ihmissuhdekompetenssi	taito olla johdettavana	ACPA.org ( <a href="http://www2.myacpa.org/">http://www2.myacpa.org/</a> ; cf. Svanström et al. 2008)
Ihmissuhdekompetenssi	taito toimia johtajana	ACPA.org ( <a href="http://www2.myacpa.org/">http://www2.myacpa.org/</a> ; cf. Svanström et al. 2008)
Strateginen kompetenssi	taito suunnitella ja toteuttaa	de Haan (2006)
normatiivinen kompetenssi	vastuullisuus	
ihmissuhdekompetenssi	yhteistyötaidot	Sipos ym. (2008)

# Kasvihuonekaasupäästöjen piententämiseen liittyvä opetus kemian alan yliopisto-opetuksessa

Tämä kyselytutkimus on osa pro gradu -työtä, jonka tarkoituksena on selvittää Suomen yliopistojen opetusta kasvihuonekaasupäästöjen piententämisen osalta. Pro gradu tehdään Kemianteollisuus ry:n tilauksesta osana Hiilineutraali kemia 2045 -projektia. Kemianteollisuus ry pyrkii kartoittamaan strategisia kyvykkyksiä, jotka johtavat hiilineutraaleihin ratkaisuihin kemianteollisuudessa. Tarkoituksena on luoda katsaus yleisellä tasolla Suomen yliopistoissa tarjottavaan kemian alan opetukseen ja luennoitsijoiden näkemyksiin kasvihuonepäästöjen piententämiseen liittyvien aihepiirien ja sen edellyttämän osaamisen osalta. Tutkimuksessa ei vertailla eri yliopistojen opetusta.

Kysely on suunnattu kemian alan yliopistoluennoitsijoille, -lehtoreille ja -opettajille, jotka vetävät vastuuopettajana yhtä tai useampaa kemian alan koulutusohjelmaan kuuluvaa kurssia yliopistossa. Koska aihealue on laaja ja vaikea rajata yksittäisille kursseille, kaikkien kemian alan kurssien opettajien vastaukset ovat arvokkaita ja tärkeitä kattavan kuvan luomiseksi. Vastaajilta ei kerätä henkilötietoja, mutta kurssien taustatiedot pyydetään vastausten ryhmittelyä varten. Vastauksia käsitellään tutkimuksessa anonymisti, eli niitä ei yhdistetä pro gradu -työssä yliopistoon tai kurssiin. Eroja luonnontieteellisten ja teknillisten opetusohjelmien välillä saatetaan kuitenkin nostaa esille, jolloin vastauksia saatetaan lajitella tämän jaottelun mukaisesti.

Vastaattehan ystävällisesti tammikuun loppuun (31.1.2020) mennessä.

Lämmin kiitos vastauksestanne.

Emmi Vuorio, [emmi.vuorio@helsinki.fi](mailto:emmi.vuorio@helsinki.fi)

1/6

1. Missä yliopistossa opetatte?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Aalto-yliopisto
- ☐ Helsingin yliopisto
- ☐ Itä-Suomen yliopisto
- ☐ Jyväskylän yliopisto
- ☐ Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
- ☐ Oulun yliopisto
- ☐ Tampereen yliopisto
- ☐ Turun yliopisto
- ☐ Åbo akademi

2. Mitä kurssia/kursseja opetatte? (Jos kursseja on useampi kuin yksi, voitte numeroida kurssit ja viitata niihin seuraavissa kysymyksissä numeroiden avulla.)

---

---

---

---

---

3. Onko kurssi/kurssit pakollinen opiskelijoille?

---

---

---

---

---

4. Missä opintojen vaiheessa kurssi/kurssit on tarkoitus käydä?

---

---

---

---

---

5. Kenelle kurssi/kurssit on suunnattu tai mikä on koulutusohjelman nimi?

---

---

---

---

---

6. Osallistuuko kurssille/kursseille myös sivuaineopiskelijoita?

---

---

---

---

---

7. Kuinka pitkään kurssia/kursseja tai vastaavaa kurssia on pidetty?

---

---

---

---

---

8. Kuinka monta opiskelijaa kurssille/kursseille mahtuu?

---

---



---

---

---

9. Kuinka monta opiskelijaa kurssille/kursseille tavallisesti osallistuu?

---

---

---

---

---

10. Kuinka usein kurssi/kurssit järjestetään?

---

---

---

---

---

2/6

11. Kuinka suuri on seuraavien aiheiden painoarvo opettamallanne kurssilla?

Merkitse vain yksi soikio riviä kohden.

	0. Aihe ei esiinny kurssilla/kursseilla	1. Aihe ei ole tärkeä	2. Aihe hieman tärkeä	3. Aihe on kohtalaisen tärkeä	4. Aihe on tärkeä	5. Aihe on erittäin tärkeä
Ilmaston lämpeneminen ihmisen toiminnan seurauksena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hiilidioksidi kasvihuonekaasuna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hiilidioksidin lähteitä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dityypiksiidi kasvihuonekaasuna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dityypiksiidin lähteitä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metaani kasvihuonekaasuna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metaanin lähteitä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
HFC-yhdisteet kasvihuonekaasuina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
HFC-yhdisteiden lähteitä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hiilidioksidin talteenotto ja säilöminen (CCS)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vedyn matalahiilipäästöinen tuotanto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Synteesikaasun korvaaminen vedyllä jossakin prosessissa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metaanin korvaaminen vedyllä jossakin prosessissa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hiilidioksidi ja vety	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

lähtöaineina, esim.  
synteettiset  
polttoaineet

Bioraaka-aineet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biopolttoaineet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Matalahiilipäästöinen energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kiertotalous	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energiatehokkuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lämmön talteenotto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teollisuusalojen väliset symbioosit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arvoketjujen tarkastelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

12. Kuinka tärkeänä pidät kysymyksessä 11. lueteltujen sisältöjen osaamista opiskelijoidenne ammattitaidon ja työllistymisen kannalta?

*Merkitse vain yksi soikio.*

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaa tärkeää	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Erittäin tärkeää

13. Kuinka tärkeänä uskotte opiskelijoiden pitävän kysymyksessä 11. lueteltujen sisältöjen opettamista opetusohjelmassa?

*Merkitse vain yksi soikio.*

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaana tärkeänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Erittäin tärkeänä

14. Kysymyksessä 11. on pyritty luettelemaan kasvihuonepäästöjen pienentämiseen liittyviä aihealueita. Käsitelläänkö kurssillanne tähän aiheeseen liittyvää aihealuetta tai sisältöä, jota ei mainittu listassa? Mikä aihealue on kyseessä ja kuinka paljon sitä kurssilla käsitellään tehtävän 11. asteikolla?

---

---

---

---

---

3/6

15. Kuinka paljon käytätte seuraavia opetusmenetelmiä kurssillanne/kursseillanne? (Jos käyttämänne opetusmenetelmä sopii useampaan kohtaan, merkitkää se vain yhteen kohtaan.)

Merkitse vain yksi soikio riviä kohden.

	En lainkaan	Vähän	Jonkin verran	Paljon	Hyvin paljon
Esimerkki hyvästä käytännöstä, hyvänä esimerkkinä oleminen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kriittinen lukeminen ja kirjoittaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Käänteinen opetus (Opiskelijat tutustuvat ennen oppituntia opettavaan aiheeseen esimerkiksi videon ja tehtävien kautta.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oman kehittymisen suunnittelu (Oppilas suunnittelee ja reflektoi omaa oppimistaan ohjatusti, esimerkiksi oppimispäiväkirjan avulla.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ongelmalähtöinen oppiminen (Sisältää esimerkiksi ongelman määrittelyn ja tiedonhakua, ratkaisujen suunnittelua, vertailua sekä suunnitelmia niiden toteuttamiseksi ja mahdollisesti toteutus, arviointi tai itsearviointi)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Roolileikki tai simulaatio (Roolileikissä voidaan esimerkiksi asettua vastakkaisia intressejä omaavan henkilön asemaan ja perehtyä hänen näkökulmaansa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ryhmäkeskustelu kaikkien kurssille osallistujien kesken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ryhmäkeskustelu pienissä ryhmissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stimuloiva aktiviteetti (esim. video, kuvasarja, lehti uutinen tms.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tapaustutkimus (Tosielämän ongelmaan liittyvä projekti,	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

esimerkiksi tutkimusprojekti tai  
tuotantoprosessin suunnittelu.)

Väittely

☐☐☐☐☐

16. Mitä tai millaista opetusmenetelmää/menetelmiä käytätte eniten opetuksessanne?

---

---

---

---

---

17. Mitä tai millaista opetusmenetelmää käytätte tai käyttäisitte mieluiten opetuksessanne ja miksi?

---

---

---

---

---

18. Millaisia käytännön haasteita näette opetusmenetelmien valintaan liittyvän?

---

---

---

---

19. Teetättekö kurseillanne poikkitieteellisiä projekteja, ryhmätöitä tai muuta vastaavaa?

*Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Kyllä

☐ En

20. Järjestetäänkö yliopistossanne edustamanne koulutusohjelman ja eri tieteenalojen välisiä yhteistyöprojekteja, joissa opiskelijat ovat mukana?

*Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Kyllä

☐ Ei

☐ En tiedä

21. Ovatko kysymyksessä 20. kuvaillut yhteistyöprojektit suosittuja oppilaiden keskuudessa?

---

22. Järjestetäänkö edustamanne koulutusohjelman opiskelijoiden ja yritysten tai muiden ulkopuolisten tahojen välisiä yhteistyöprojekteja? (Muu, kuin työharjoittelu, tutkimusharjoittelu tai lopputyö.) *Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Kyllä

☐ Ei

☐ En tiedä

4/6

23. Pyrittekö asiasisältöjen lisäksi opettamaan/kehittämään jotakin seuraavista taidoista?

Merkitse vain yksi soikio riviä kohden.

	En tiedä miten tämän taidon omaksumiseen voisi myötävaikuttaa.	En kiinnitä tämän taidon oppimiseen huomiota.	Uskon tämän taidon kehittyvän yleisesti yliopisto- opiskelussa.	Pyrin edistämään tämän taidon oppimista opetusmetodeillani.
aloitekyky	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
taito yhteensovittaa erilaisia/vastakkaisia arvoja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
itsereflektiotaito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
keskustelutaidot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
taito ennakoivaan ajatteluun/ taito hahmotella tulevaisuuden skenaarioita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kyky sietää epävarmuutta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kriittisen ajattelun taito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
luovuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
muiden motivoiminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
neuvottelutaidot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
osallistuvuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kyky tehdä poikkitieteellistä yhteistyötä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
riskien arviointikyky	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ryhmytymistaito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
taito motivoida itseä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



taito olla johdettavana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
taito toimia johtajana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
taito suunnitella ja toteuttaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vastuullisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
yhteistyötaidot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. Kuinka tärkeää mielestänne on pyrkiä kehittämään opiskelijoiden kysymyksessä 23. mainittuja taitoja yliopisto-opetuksessa?

*Merkitse vain yksi soikio.*

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaan tärkeää	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Erittäin tärkeää

25. Onko mielestänne mahdollista myötävaikuttaa kysymyksessä 23. mainittuja taitojen omaksumista yliopisto-opetuksessa?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei
- ☐ Joitakin mainituista voi, toisia ei.

26. Pyrittekö tietoisesti mittaamaan kurssin arvioinnissa (loppu tentissä tai muilla arviointimenetelmillä) yhtä tai useampaa kysymyksessä 23. esitettyä taitoa tai yhtä tai useampaa saman tyypistä taitoa? Mitä nämä taidot ovat?

---



---



---



---

5/6

27. Onko mielestänne mahdollista vaikuttaa opiskelijoiden asenteisiin yliopisto-opetuksessa esimerkiksi ilmastonmuutoksen suhteen?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei
- ☐ En osaa sanoa

28. Onko mielestänne moraalisesti hyväksyttävää pyrkiä vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin yliopisto-opetuksessa esimerkiksi ilmastonmuutoksen suhteen?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei
- ☐ En osaa sanoa

29. Pyrittekö vaikuttamaan opiskelijoiden asenteisiin opetuksessasi kasvihuonekaasujen pienentämiseen liittyvien pyrkimysten suhteen?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Kyllä
- ☐ En

6/6

30. Onko laitoksenne/yksikkönne/osastonne tarjoama opetus kasvihuonekaasujen vähentämisen osalta mielestänne riittävää?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Kyllä on
- ☐ Se voisi olla kattavampaa
- ☐ Ei, se ei ole riittävää
- ☐ En osaa sanoa

31. Millaisia käytännön ongelmia mielestänne liittyy kasvihuonekaasujen vähentämiseen liittyvän osaamisen opetuksen lisäämiseen?

---

---

---

---

---

32. Kuinka parantaisitte kasvihuonekaasujen vähentämiseen liittyvän osaamisen opetusta, jos käytännön rajoitteita ei tarvitsisi huomioida?

---

---

---

---

---

33. Kuinka parantaisitte kasvihuonekaasujen vähentämiseen liittyvää osaamisen opetusta käytännön rajoitteet huomioon ottaen?

---

---

34. Miten yliopistot voisivat mielestänne parhaiten myötävaikuttaa kemianteollisuuden pyrkimystä pienentää kasvihuonekaasupäästöjä ja fossiilisen hiilen käyttöä?

---

---

---

---

---

---

---

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

**Google** Forms

## Survey of teaching about mitigating greenhouse gas emissions in chemistry university studies.

This survey is part of the master's thesis aimed at exploring the Finnish universities' teaching of reducing greenhouse gas emissions. The master's thesis is a part of the Kemianteollisuus ry's (the registered association of chemical industry) Carbon neutral chemistry 2045 Project.

Kemianteollisuus ry aims to identify strategic abilities leading to carbon neutral solutions in the chemical industry. The aim is to provide an overview of how the thematic areas and the skills required to reduce greenhouse gas emissions are covered at the universities of Finland. The study does not compare the teaching between different universities.

The survey is directed at university lecturers and teachers, who are the responsible teachers for one or more courses in the Chemical education programme at the University. As the thematic area is wide and difficult to narrow down for individual courses, the responses from all chemistry courses are valuable and important to create a comprehensive picture. No personal data is collected from respondents, but the course background information is requested for the purpose of grouping responses. The survey is anonymized, i.e. they are not combined with a university or course at a master's thesis work. However, differences between scientific and technical curricula may be raised and responses may be sorted according to this analysis.

Please reply to the end of January (31.1.2020).

Warm thanks for your reply.

Emmi Vuorio, [emmi.vuorio@helsinki.fi](mailto:emmi.vuorio@helsinki.fi)

1/6

1. In which university do you teach at?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Aalto University
- ☐ Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
- ☐ University of Eastern Finland
- ☐ University of Helsinki
- ☐ University of Jyväskylä
- ☐ University of Oulu
- ☐ University of Tampere
- ☐ University of Turku
- ☐ Åbo Akademi

2. What is the name of the course/courses you teach? (If you teach more than one course, you can number the courses here and use the numbers to refer to the courses at the following questions.)

---

---

---

---

---

3. Is the course/courses mandatory?

---

---

---

---

---

4. At what state of the studies student is supposed to take this course/courses?

---

---

---

---

---

5. To whom is the course/courses for or what is the name of the training programme this course/courses are part of?

---

---

---

---

---

6. Do students study this course/courses as a part of their minor studies as well?

---

---

---

---

---

7. For how long have this/these or corresponding course/courses been available?

---

---

---

---

---

8. How many students can attend to the course/courses at the same time?

---

---

---

---

---

9. How many students usually attend to the course/courses at the same time?

---

---

---

---

---

10. How often is the course/courses held?

---

---

---

---

---

2/6

11. How essential are the following topics at your course?



Merkitse vain yksi soikio riviä kohden.

	0. This topic is not a part of my course/courses	1. Not a priority	2. Low priority	3. Medium priority	4. High priority	5. Essential
Climate change caused by human activity	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon dioxide as a green house gas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sources of carbon dioxide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nitrous oxide as a green house gas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sources of nitrous oxide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Methane as a green house gas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sources of methane	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
HFC- compounds as a green house gases	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sources of HFC- compounds	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon capture and storage (CCS)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrogen production	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

with low carbon emission						
Using hydrogen instead of syngas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Using hydrogen instead of methane	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrogen and carbon dioxide as a starting substances, for example synthetic fuels.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biomass as a feedstock for biofuels	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biomass as a feedstock for other than biofuels	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Low-carbon energy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energy efficiency solutions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heat integration solutions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Circular economy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industrial symbiosis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Value chain consideration	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. In your opinion, how important are contents listed on question 11. for students employment and professional ability?

*Merkitse vain yksi soikio.*

	1	2	3	4	5	
Not important at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very important

13. At your perspective, how important do you think students see the contents listed on question 11. for their employment and professional ability?

*Merkitse vain yksi soikio.*

	2	2	3	4	5	
Not important at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very important

14. Question 11. aims to list studying topics that are part of the field of mitigating greenhouse gas emissions. Is there other topics, you have been teaching at your course that is not on the list? If there is, please name the topic and using the same scale as in question 11. estimate how essential this content is at the course.

---

---

---

---

---

3/6

15. How much do you use following teaching methods at your course or courses? (If one method fits to two different choices, please only mark it to one.)

Merkitse vain yksi soikio riviä kohden.

	Not at all	Little	Somewhat	A lot	Very much
Case studies (Project about a real-life problem, often in the local area. Could be a research project or designing a process of production.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Critical reading and writing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Debates	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flipped classroom or flipped learning (students explore the topic of the class in advance by watching videos, doing exercises, doing research etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Group discussion between the whole class	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Group discussions in small groups	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modelling good practise (An example of a good practise or solution, might be from teacher's own work.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personal development planning (Structured and supported process for students to reflect and plan their own learning.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problem-based learning (Involves for example defining the problem and researching the subject, planning one or more solutions, comparing different solutions, planning for implementation, implementation, evaluation and reflection.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Role play or simulation (Students	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

empathise a perspective of other person who represent different interest or views.)

Stimulus activity (a video, new paper article etc. to initiate reflection or discussion.)

☐☐☐☐☐

16. What or what kind of teaching method or methods you most often use?

---

---

---

---

---

17. What or what kind of teaching method or methods you would use most preferably and why?

---

---

---

---

---

18. What practical difficulties you find when choosing the teaching method?

---

---

---

---

19. Do you use interdisciplinary projects, group works or something alike at your course or courses?

*Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Yes

☐ No

20. Do your university arrange interdisciplinary projects between the training program you represent and other disciplines, that student can be part of?

*Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Yes

☐ No

☐ I don't know

21. Do students actively take part on question 20. described interdisciplinary projects?

---

---

---

---

---

22. Is there cooperation projects between the training program you represent and other corporations? (Other than internship, practical laboratory training or diploma work.)

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Yes
- ☐ No
- ☐ I don't know

4/6

23. In your teaching do you intend to cultivate following skills or abilities on your students?

Merkitse vain yksi soikio riviä kohden.

	I don't know how teacher can contribute students adopting this skill or ability.	I don't aim to cultivate this skill or ability.	I think that this skill or ability will develop in university studies in general.	I aim to foster learning and adoption of this skill or ability in my teaching.
initiative	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
skill to combine different or opposite values	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
self-reflection skill	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
conversation skills	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to anticipatory thinking	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to tolerate uncertainty	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
critical thinking	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
creativity	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to motivate others	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
negotiation skills	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
active participation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to interdisciplinary work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
risk management	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



ability				
ability to form a working group	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to motivate self	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to be a follower	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to be a leader	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ability to design and execute	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
responsibility	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
cooperation skills	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. How important you think it is to intend to cultivate skills and abilities listed on the question 23. on students?

*Merkitse vain yksi soikio.*

	1	2	3	4	5	
Not mportant at all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very important

25. Do think it is possible to cultivate skills and abilities listed on the question 23. on students?

*Merkitse vain yksi soikio.*

- ☐ Yes
- ☐ No
- ☐ I don't know

26. At course assessment, do you intend to determine if your students possess skills or abilities listed at the question 23. or similar ones? What skills or abilities?

---

---

---

---

---

5/6

27. Do you think it is possible in university teaching to have an influence on students' attitudes towards something, climate change as an example?

---

28. Do you think it is morally acceptable to intend to influence on students' attitudes towards something, for example climate change?

---

29. Do you intend to have an influence on your students' attitudes on mitigating greenhouse gas emissions?

---

6/6

30. In your opinion, is teaching about mitigating greenhouse gas emissions at sufficient level at your department?

- ☐ Yes, it is at sufficient level
- ☐ It could be more comprehensive
- ☐ No, it is not sufficient
- ☐ I don't know

31. What practical difficulties you see, if aiming to extend teaching about mitigating greenhouse gas emissions?

---

---

---

---

---

32. If there were no practical limitations, how would you improve the teaching of mitigating greenhouse gas emissions at the training program you represent?

---

---

---

---

---

33. With the practical limitations, how would you improve the teaching of mitigating greenhouse gas emissions at the training program you represent?

---

---

---

---

---

---

34. In your opinion, what is the best way for the universities to contribute to the chemical industry's ambition to be carbon neutral in the future?

---

---

---

---

---

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

**Google** Forms